



**André Travancas Monho**

Licenciado em Bioquímica

**Determinação do valor tecnológico e de utilização de  
vários tipos de misturas de farinha de trigo mole e sêmola  
de trigo duro para o fabrico de pão tradicional**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
Tecnologia e Segurança Alimentar

Orientador: Ana Sofia Rosa Bagulho, Doutora, EMP/INIAV

Co-orientador: Fernando José Cebola Lidon, Professor Doutor, FCT/UNL

Júri:

Presidente: Prof. Doutora Ana Luísa Almaça da Cruz Fernando

Arguentes: Prof. Doutora Isabel Maria Nunes de Sousa

Prof. Doutora Maria Paula Amaro de Castilho Duarte

Vogais: Doutora Ana Sofia Rosa Bagulho

Prof. Doutor Fernando José Cebola Lidon



**FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA**

**Março 2013**



**André Travancas Monho**

Licenciado em Bioquímica

**Determinação do valor tecnológico e de utilização de  
vários tipos de misturas de farinha de trigo mole e sêmola  
de trigo duro para o fabrico de pão tradicional**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
Tecnologia e Segurança Alimentar

Orientador: Ana Sofia Rosa Bagulho, Doutora, EMP/INIAV

Co-orientador: Fernando José Cebola Lidon, Professor Doutor, FCT/UNL

Júri:

Presidente: Prof. Doutora Ana Luísa Almaça da Cruz Fernando

Arguentes: Prof. Doutora Isabel Maria Nunes de Sousa

Prof. Doutora Maria Paula Amaro de Castilho Duarte

Vogais: Doutora Ana Sofia Rosa Bagulho

Prof. Doutor Fernando José Cebola Lidon



**FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA**

**Março 2013**

**Determinação do valor tecnológico e de utilização de vários tipos de misturas de farinha de trigo mole e sêmola de trigo duro para o fabrico de pão tradicional**

‘Copyright’ em nome de André Travancas Monho, da FCT/UNL e da UNL

“A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor”.

## ***Agradecimentos***

À Doutora Ana Sofia Rosa Bagulho pela orientação, paciência, encorajamento, disponibilidade, apoio, conhecimentos científicos, dedicação e valiosas críticas construtivas e sugestões para realização deste trabalho. Um muito obrigado.

Ao Professor Doutor Fernando José Cebola Lidon e pela sua orientação, disponibilidade, atenção, contribuição imprescindível, sugestões e apoio durante o trabalho.

À Doutora Ana Sofia Dias de Almeida pela sua colaboração e sugestões ao longo do trabalho.

Às auxiliares do laboratório de qualidade da EMP/INIAV, Beatriz Jara, Isabel Cachucho e Maria da Conceição Terrinca pela colaboração nas determinações de qualidade e também por todo o carinho demonstrado.

A toda a equipa responsável da EMP/INIAV por me terem acolhido nas suas instalações e disponibilizado todo o material vegetal bem como todo o equipamento do laboratório de qualidade.

À minha família pelo seu apoio incondicional, carinho, amor, confiança, incentivo, por sempre acreditarem nas minhas capacidades e por proporcionarem a minha formação académica. Muito obrigada, por todos os valores que me transmitiram e por ter feito de mim aquilo que sou hoje.

À Catarina Semedo, minha amiga desde os tempos de Évora, por todas as sugestões e revisão da parte escrita deste trabalho.

Aos meus amigos, que sempre me apoiaram e sempre acreditaram em mim. Fazem parte integrante de mim, da minha vida e daquilo que sou hoje. Um especial obrigado.

A todos os Professores das cadeiras que frequentei, pelo conhecimento, formação e espírito crítico que me transmitiram.

A todos o meu muito obrigado, por cada sorriso, palavra amiga, contribuição e carinho.

O meu muito OBRIGADO! André

## **Resumo**

No presente trabalho estudaram-se duas variedades de trigo mole Almansor e Pirana, e três de trigo duro Celta, Hélió e Marialva para obtenção de misturas de farinhas/sêmolas adequadas à panificação.

Estudou-se a sua composição em gluteninas verificando-se que nos trigos moles a variedade Almansor possuía subunidades de gluteninas associadas a uma maior força do glúten, enquanto nos trigos duros a variedade Celta possuía subunidades de gluteninas de menor qualidade.

As farinhas foram caracterizadas do ponto de vista químico (humidade, proteína, cinzas, glúten e pigmentos amarelos). A variedade Almansor destacou-se por possuir um teor proteico e de glúten mais elevado. O teor em pigmentos amarelos da variedade Celta foi superior, podendo influenciar a coloração dos pães.

Através de testes tecnológicos (SDS, índice de glúten, alveógrafo e farinógrafo) comprovou-se que nos trigos moles a variedade Almansor origina uma rede de glúten mais forte, sendo classificada como um trigo panificável corrente, enquanto a variedade Pirana é um trigo de baixa qualidade. Nos trigos duros as variedades Hélió e Marialva apresentam glútenes muito idênticos e de maior força que a variedade Celta, mas todos originam massas muito tenazes e pouco elásticas. No farinógrafo verificou-se que as massas das variedades Hélió e Marialva eram muito estáveis.

As misturas de farinhas/sêmolas foram estudadas através do farinógrafo, alveógrafo e ensaio de panificação. As misturas com a variedade Almansor foram sempre superiores às da variedade Pirana, destacando-se as misturas Almansor/Hélió (25 e 60%) e Almansor/Marialva (25%) pela força, tempo de desenvolvimento ou enfraquecimento da massa.

No ensaio de panificação, os pães apenas com trigo duro apresentaram um volume baixo, aspeto rústico e superfície menos arredondada, contrastando com o pão de maior volume/altura obtido com a variedade Almansor pura. Com as misturas obtiveram-se maiores volumes do que apenas utilizando trigo duro mantendo-se algumas das características, o que reforça uma possível utilização de trigo duro na panificação.

Palavras-chave: trigo mole; trigo duro; panificação; alveógrafo; farinógrafo

## ***Abstract***

The present work comprises the study of two varieties of bread wheat- Almansor and Pirana- and three varieties durum wheat- Celta, Hêlvio and Marialva- aiming obtain blends of flour and semolina suitable for bread making.

When assessing the wheat varieties composition regarding glutenins it was found that the bread wheat had glutenin subunits associated to a higher gluten strength, while the durum wheat variety Celta had glutenin lower quality subunits.

The flours were characterized in terms of their chemical features, namely moisture, protein, ash, gluten and yellow pigments. The variety Almansor stood out for having a higher protein content and gluten levels. The yellow pigment found in the Celta variety was superior, thus influencing the color of the bread.

Through technological tests (SDS, gluten index, alveograph and farinograph) it was found that the wheat variety Almansor originated a stronger gluten net, thus being classified as ordinary bread-making wheat, whereas Pirana originated to be low-quality wheat. Both Hêlvio and Marialva durum wheat varieties have similar gluten and present a greater strength than the Celta variety, but all originate very tenacious and somewhat elastic dough. Using the farinograph it was further found that Hêlvio and Marialva varieties originated very stable dough.

Mixtures of flour/semolina were studied with the help of the farinograph, alveograph and through breadmaking tests. The blends containing the Almansor variety were always superior to blends containing Pirana variety. The Almansor/Hêlvio (25 and 60%) and Almansor/Marialva (25%) should be highlighted by their strength, development time or dough weakening.

In bread making tests, the loaves containing only durum wheat showed low volume, a rustic aspect and a less rounded surface, contrasting with the bread of higher volume/height obtained with the Almansor variety. The mixtures allowed larger volumes than those obtained using just durum wheat, while maintaining some of the characteristics, which strengthens the possibility of using durum wheat for breadmaking.

Keywords: bread wheat; durum wheat; breadmaking alveograph; farinograph

## **Índice geral**

<i>Agradecimentos</i> .....	<i>I</i>
<i>Resumo</i> .....	<i>II</i>
<i>Abstract</i> .....	<i>III</i>
<i>Índice geral</i> .....	<i>IV</i>
<i>Índice de figuras</i> .....	<i>VII</i>
<i>Índice de tabelas</i> .....	<i>IX</i>
<i>Abreviaturas</i> .....	<i>XII</i>
<b>1. Revisão Bibliográfica</b> .....	<b>1</b>
1.1. Introdução.....	2
1.2. Classificação do trigo.....	2
1.3. Estatísticas do trigo.....	3
1.4. Principais utilizações do trigo.....	5
1.4.1. Trigo mole.....	5
1.4.2. Trigo duro.....	5
1.5. Grão de trigo.....	6
1.5.1. Estrutura do grão de trigo.....	6
1.5.2. Composição química do grão de trigo.....	7
1.6. Avaliação da qualidade do trigo.....	11
1.7. Panificação.....	12
1.7.1. Considerações gerais sobre o pão.....	12
1.7.2. O processo de panificação.....	13
1.7.3. A qualidade do pão.....	14
1.7.4. Panificação com trigo duro.....	15
1.8. Principais objetivos.....	16
<b>2. Materiais e Métodos</b> .....	<b>17</b>

*Determinação do valor tecnológico e de utilização de vários tipos de misturas de farinha de trigo mole e sêmola de trigo duro para o fabrico de pão tradicional*

---

2.1.	<i>Material vegetal .....</i>	<i>18</i>
2.2.	<i>Extração e separação das gluteninas.....</i>	<i>18</i>
2.2.1.	<i>Extração das gluteninas .....</i>	<i>18</i>
2.2.2.	<i>Separação por electroforese SDS-PAGE.....</i>	<i>19</i>
2.2.3.	<i>Nomenclatura .....</i>	<i>19</i>
2.3.	<i>Testes de qualidade .....</i>	<i>20</i>
2.3.1.	<i>Preparação das amostras.....</i>	<i>20</i>
2.3.2.	<i>Humidade .....</i>	<i>21</i>
2.3.3.	<i>Cinza .....</i>	<i>21</i>
2.3.4.	<i>Teor proteico .....</i>	<i>22</i>
2.3.5.	<i>Teor de glúten húmido, seco e índice de glúten .....</i>	<i>23</i>
2.3.6.	<i>Índice de queda .....</i>	<i>23</i>
2.3.7.	<i>Teor em pigmentos amarelos .....</i>	<i>24</i>
2.3.8.	<i>Teste de sedimentação SDS.....</i>	<i>24</i>
2.3.9.	<i>Ensaio farinográfico .....</i>	<i>24</i>
2.3.10.	<i>Ensaio alveográfico.....</i>	<i>25</i>
2.3.11.	<i>Ensaio de panificação .....</i>	<i>26</i>
2.3.12.	<i>Análise Estatística .....</i>	<i>28</i>
3.	<i>Resultados e Discussão .....</i>	<i>30</i>
3.1.	<i>Composição em gluteninas.....</i>	<i>31</i>
3.2.	<i>Ensaio prévios e seleção de métodos - Seleção do método de moenda para o trigo duro</i>	<i>34</i>
3.3.	<i>Caraterização das farinhas/sêmolas das variedades estudadas .....</i>	<i>37</i>
3.4.	<i>Caraterização das misturas das farinhas de trigo mole com as sêmolas de trigo duro</i>	<i>45</i>
3.5.	<i>Estudo da relação entre os parâmetros de qualidade.....</i>	<i>46</i>
3.6.	<i>Estudo de parâmetros do farinógrafo .....</i>	<i>49</i>
3.6.1.	<i>Capacidade de absorção de água .....</i>	<i>49</i>
3.6.2.	<i>Tempo de desenvolvimento.....</i>	<i>51</i>



*Determinação do valor tecnológico e de utilização de vários tipos de misturas de farinha de trigo mole e sêmola de trigo duro para o fabrico de pão tradicional*

---

3.6.3.	<i>Grau de enfraquecimento.....</i>	<i>54</i>
3.7.	<i>Estudo de parâmetros do alveógrafo .....</i>	<i>57</i>
3.7.1.	<i>Força.....</i>	<i>57</i>
3.7.2.	<i>Extensibilidade.....</i>	<i>59</i>
3.8.	<i>Caraterização do ensaio de panificação.....</i>	<i>61</i>
3.8.1.	<i>Peso.....</i>	<i>61</i>
3.8.2.	<i>Volume.....</i>	<i>63</i>
3.8.3.	<i>Altura.....</i>	<i>66</i>
3.8.4.	<i>Altura de arredondamento .....</i>	<i>68</i>
3.8.5.	<i>Apreciação do aspeto dos pães .....</i>	<i>69</i>
4.	<i>Conclusão.....</i>	<i>75</i>
5.	<i>Bibliografia .....</i>	<i>78</i>
6.	<i>Anexos .....</i>	<i>86</i>

## **Índice de figuras**

Figura 1.1- Relação percentual das culturas temporárias em Portugal (variação 1999-2009) .....	3
Figura 1.2- Corte longitudinal de um grão de trigo (Fonte: Encyclopedia Britannica, 2012).....	6
Figura 2.1- Curva farinográfica tipo com a expressão dos principais parâmetros. ....	25
Figura 2.2- Curva alveográfica com a expressão dos principais parâmetros. ....	26
Figura 3.1- Separação das gluteninas dos trigos moles por electroforese em gel SDS-PAGE. Composição nos <i>loci Glu-A1, Glu-B1 e Glu-D1</i> : ChS – <i>Chinese Spring</i> (nulo, 7+8, 2+12); A – Almansor (2*, 17+18, 5+10); P – Pirana (nulo, 7+8, 2+12); G – Gabo (2*, 17+18, 2+12). <i>Chinese Spring</i> e Gabo são variedades testemunhas. ....	32
Figura 3.2- Separação das gluteninas dos trigos duros por electroforese em gel SDS-PAGE. Composição nos <i>loci Glu-A1, Glu-B1, Glu-A3 e Glu-B3</i> : C – Celta (nulo, 7+8, 5, 8+9+13+16); L – <i>Langdon</i> (nulo, 6+8, 5, 8+9+13+16); M - Marialva (nulo, 7+8, 6, 2+4+15+19); Mx – <i>Mexicali</i> (nulo, 7+8, 6, 2+4+15+19); H – Hêlvio (nulo, 6+8, 6, 2+4+15+19). <i>Langdon</i> e <i>Mexicali</i> , são variedades testemunhas. ....	33
Figura 3.3- Comparação dos pães obtidos com 50% de trigo mole (Nabão) e 50 % de trigo duro (Hêlvio) utilizando amostras de trigo duro de diferente granulometria (1A, 1B, 1C, 1D, 1E). ..	37
Figura 3.4- Percentagem de humidade das sêmolas e farinhas das diferentes variedades de trigo: duro (Celta, Marialva e Hêlvio) e mole (Almansor e Pirana) (média ± desvio padrão). ....	38
Figura 3.5- Percentagem de cinza das sêmolas e farinhas das diferentes variedades de trigo: duro (Celta, Marialva e Hêlvio) e mole (Almansor e Pirana) (média ± desvio padrão). ....	38
Figura 3.6- Percentagem de proteína das sêmolas e farinhas das diferentes variedades de trigo: duro (Celta, Marialva e Hêlvio) e mole (Almansor e Pirana) (média ± desvio padrão). ....	39
Figura 3.7- Percentagem de glúten húmido e glúten seco nas sêmolas e farinhas das diferentes variedades de trigo: duro (Celta, Marialva e Hêlvio) e mole (Almansor e Pirana) (média ± desvio padrão). ....	40
Figura 3.8- Índice de glúten nas sêmolas e farinhas das diferentes variedades de trigo: duro (Celta, Marialva e Hêlvio) e mole (Almansor e Pirana) (média ± desvio padrão). ....	40
Figura 3.9- Volume de sedimentação SDS das sêmolas e farinhas das diferentes variedades de trigo: duro (Celta, Marialva e Hêlvio) e mole (Almansor e Pirana) (média ± desvio padrão). ...	40
Figura 3.10- Índice de queda nas sêmolas e farinhas das diferentes variedades de trigo: duro (Celta, Marialva e Hêlvio) e mole (Almansor e Pirana) (média ± desvio padrão). ....	41
Figura 3.11- Teor em pigmentos amarelos das sêmolas e farinhas das diferentes variedades de trigo: duro (Celta, Marialva e Hêlvio) e mole (Almansor e Pirana) (média ± desvio padrão). ...	42

Figura 3.12- Força da massa das diferentes variedades de trigo determinada pelo alveógrafo: trigo duro (Celta, Marialva e Hélió) e trigo mole (Almansor e Pirana) (média $\pm$ desvio padrão).	43
Figura 3.13- Tempo de desenvolvimento e estabilidade da massa das diferentes variedades de trigo determinados pelo farinógrafo: trigo duro (Celta, Marialva e Hélió) e trigo mole (Almansor e Pirana) (média $\pm$ desvio padrão).	44
Figura 3.14- Absorção de água ou hidratação da massa das diferentes misturas e controlos.	49
Figura 3.15- Tempo de desenvolvimento da massa em função das diferentes misturas e controlos.	52
Figura 3.16- Grau de enfraquecimento da massa em função das diferentes misturas e controlos.	55
Figura 3.17- Força da massa em função das diferentes misturas e controlos.	57
Figura 3.18- Extensibilidade da massa em função das diferentes misturas e controlos.	60
Figura 3.19 Peso dos pães em função dos diferentes ensaios de panificação.	62
Figura 3.20- Volume dos pães em função dos diferentes ensaios de panificação.	63
Figura 3.21- Altura máxima dos pães em função dos diferentes ensaios de panificação.	66
Figura 3.22- Altura de arredondamento em função dos diferentes ensaios de panificação.	68
Figura 3.23- Corte transversal dos pães obtidos com 100% de Almansor, Pirana, Celta, Hélió e Marialva.	70
Figura 3.24- Corte transversal dos pães obtidos com diferentes percentagens de Almansor e trigo duro: Celta (25%- Mistura A; 60%- Mistura B); Hélió (25%- Mistura C; 60%- Mistura D) e Marialva (25%- Mistura E; 60%- Mistura F).	72
Figura 3.25- Corte transversal dos pães obtidos com diferentes percentagens de Pirana e trigo duro: Celta (25%- Mistura G; 60%- Mistura H); Hélió (25%- Mistura I; 60%- Mistura J) e Marialva (25%- Mistura L; 60%- Mistura M).	72

## ***Índice de tabelas***

Tabela 1.1- Taxonomia do trigo.....	3
Tabela 1.2- Superfície e produção de cereais nos anos de 2009 a 2011 (Fonte: Instituto Nacional de Estatística, 2012). .....	4
Tabela 1.3- Intervalo de variação da concentração dos principais componentes do trigo (Pallarés <i>et al.</i> , 2007). .....	7
Tabela 1.4- Classificação das proteínas do trigo (Fonte: Moreno, 2011). .....	8
Tabela 1.5- Informação nutricional de vários tipos de pão por 100g (Brites e Guerreiro, 2008). .....	15
Tabela 2.1- Composição dos géis de eletroforese SDS-PAGE (para 4 géis). .....	19
Tabela 2.2- Composição das soluções utilizadas no teste de sedimentação SDS. ....	24
Tabela 2.3- Receita base utilizada no fabrico de pão. ....	27
Tabela 2.4- Tempos utilizados no programa de panificação básico.....	27
Tabela 2.5- Misturas estudadas no ensaio de panificação. ....	28
Tabela 3.1- Composição em gluteninas de alta massa molecular (HMW-GS) das variedades de trigo mole: Almansor, Pirana e de; trigo duro: Celta, Marialva e Hêlvio. ....	31
Tabela 3.2- Composição em gluteninas de baixa massa molecular (LMW-GS) das variedades de trigo mole: Almansor, Pirana e de; trigo duro: Celta, Marialva e Hêlvio. ....	31
Tabela 3.3- Rendimento da moenda (Rend), resultados do ensaio alveográfico (P/L - equilíbrio, W - força) e ensaio farinográfico (Ab – absorção de água, TD – tempo de desenvolvimento, Est - estabilidade, Enf - enfraquecimento, IQ – índice de qualidade). ....	34
Tabela 3.4- Resultados do ensaio de panificação (Peso – peso do pão, Vol – volume do pão, Alt – altura máxima do pão e algumas observações). ....	36
Tabela 3.5- Rendimento em farinha/sêmolos (Rend) e resultados do ensaio alveográfico (P-tenacidade, L- extensibilidade, P/L – relação de equilíbrio, W- força) (média ± desvio padrão). .....	42
Tabela 3.6- Resultados do ensaio farinográfico (Ab- absorção, TD- tempo de desenvolvimento, Est- estabilidade, Enf- grau de enfraquecimento, IQ- número de qualidade) (média ± desvio padrão).....	43
Tabela 3.7- Matriz de coeficientes de correlação de Pearson para os parâmetros dos ensaios reológicos e de panificação. ....	46
Tabela 3.8- Modelo de análise de variância da capacidade de absorção de água das misturas estudadas. ....	51

Tabela 3.9- Comparação de médias (Teste de Tukey) da capacidade de absorção de água das misturas em função da variedade de trigo mole.....	51
Tabela 3.10- Modelo de análise de variância do tempo de desenvolvimento das misturas estudadas.....	54
Tabela 3.11- Comparação de médias (Teste de Tukey) do tempo de desenvolvimento das misturas em função da variedade de trigo mole.....	54
Tabela 3.12- Comparação de médias (Teste de Tukey) do tempo de desenvolvimento das misturas em função da variedade de trigo duro.....	54
Tabela 3.13- Modelo de análise de variância do enfraquecimento das massas das misturas estudadas.....	56
Tabela 3.14- Comparação de médias (Teste de Tukey) do enfraquecimento das massas das misturas em função da variedade de trigo mole.....	56
Tabela 3.15- Comparação de médias (Teste de Tukey) do enfraquecimento das massas das misturas em função da variedade de trigo duro.....	56
Tabela 3.16- Modelo de análise de variância da força das misturas estudadas.....	58
Tabela 3.17- Comparação de médias (Teste de Tukey) da força das misturas em função da variedade de trigo mole.....	59
Tabela 3.18- Comparação de médias (Teste de Tukey) da força das misturas em função da variedade de trigo duro.....	59
Tabela 3.19- Modelo de análise de variância da extensibilidade das misturas estudadas.....	61
Tabela 3.20- Comparação de médias (Teste de Tukey) da extensibilidade das misturas em função da percentagem de trigo duro usada nas misturas.....	61
Tabela 3.21- Modelo de análise de variância do volume do pão das misturas estudadas.....	65
Tabela 3.22- Comparação de médias (Teste de Tukey) do volume do pão das misturas em função da variedade de trigo mole.....	65
Tabela 3.23- Comparação de médias (Teste de Tukey) do volume do pão das misturas em função da variedade de trigo duro.....	65
Tabela 3.24- Comparação de médias (Teste de Tukey) do volume do pão das misturas em função da percentagem de trigo duro usada.....	66
Tabela 3.25- Modelo de análise de variância da altura máxima do pão das misturas estudadas.....	67
Tabela 3.26- Comparação de médias (Teste de Tukey) da altura máxima do pão das misturas estudadas em função da variedade de trigo mole.....	67
Tabela 3.27- Comparação de médias (Teste de Tukey) da altura máxima do pão das misturas estudadas em função da variedade de trigo duro.....	67
Tabela 3.28- Modelo de análise de variância da altura de arredondamento do pão das misturas estudadas.....	69

Tabela 3.29- Comparação de médias (Teste de Tukey) da altura de arredondamento do pão das misturas estudadas em função da variedade de trigo mole. ....	69
Tabela 3.30- Principais observações dos pães obtidos com 100% de Almansor, Pirana, Celta, Hêlvio e Marialva. ....	71
Tabela 3.31- Principais observações dos pães obtidos com as diferentes misturas de trigo mole e trigo duro. ....	74

## ***Abreviaturas***

(p/v) – Relação peso/volume

(v/v) – Relação volume/volume

Ab – Capacidade de absorção ou hidratação de água

Alt – Altura do pão

Alt1 - Altura de arredondamento do pão

EMP/INIAV- Estação de Melhoramento de Plantas do Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária

Enf – Grau de enfraquecimento do farinógrafo

Est – Estabilidade do farinógrafo

HMW-GS- *High Molecular Weight Glutenin Subunits* (Gluteninas de Alta Massa Molecular)

ICC – *International Association for Cereal Science and Technology*

IQ – Índice ou Número de Qualidade do farinógrafo

ISO – *International Organization for Standardization*

L - Extensibilidade do alveógrafo

LMW-GS- *Low Molecular Weight Glutenin Subunits* (Gluteninas de Baixa Massa Molecular)

P – Tenacidade do alveógrafo

P/L - Relação de equilíbrio do alveógrafo

Per- Percentagem de trigo duro

Pr N- Projeto de Norma

SDS – Volume de sedimentação do teste SDS; reagente dodecil sulfato de sódio

SDS- PAGE- Electroforese em gel de poliacrilamida com dodecil sulfato de sódio

SIAM – *Scenarios, Impacts and Adaptation Measures*

TD – Tempo de desenvolvimento do farinógrafo

UF – Unidade farinográfica

W – Força do alveógrafo

## ***1. Revisão Bibliográfica***



## **1.1. Introdução**

A palavra “trigo” provém do termo *Triticum*, que significa quebrado, triturado em referência ao processo que se deve efetuar para separar o grão de trigo da camada que o reveste. O termo “trigo” aplica-se tanto à planta como às sementes comestíveis originadas pela mesma (Scheur *et al.*, 2011).

O trigo é a principal fonte de energia, proteína e fibra dietética para uma grande parte da população mundial (Jiang *et al.*, 2008).

É uma cultura versátil, sendo cultivada em todos os continentes, com um amplo número de cultivares adaptadas às condições locais. As propriedades únicas das proteínas de reserva do grão permitem o processamento numa série de alimentos, incluindo pães fermentados, massas, bolos, biscoitos e outros produtos que não podem ser obtidos com outros cereais. Estes produtos para além de uma função alimentar, constituem ainda referenciais culturais em muitos países. (Almeida, 2007).

Do ponto de vista nutricional o trigo é um dos diversos cereais aconselhados para uma alimentação saudável. Atualmente, a qualidade nutricional dum alimento é um fator preponderante. Esta realidade deve-se à incidência da obesidade que atingiu níveis assustadores, o que suscitou inúmeros estudos, recomendações da Organização Mundial da Saúde e prioridades na definição de programas de saúde públicos da maioria dos países ocidentais. As recomendações estão atualmente centradas em três eixos: diminuição do sal, gorduras e açúcares (Brites e Guerreiro, 2008). É neste contexto que segundo a roda dos alimentos o grupo constituído pelos cereais, seus derivados e tubérculos deve representar 28% de uma dieta alimentar diária.

## **1.2. Classificação do trigo**

O género *Triticum* agrupa várias espécies que podem agrupar-se em três grupos naturais e se distinguem pelo número básico de cromossomas. Subsistem espécies diploides, tetraploides e hexaploides com uma composição cromossómica de 14, 28 ou 42 cromossomas, respetivamente.

Na **Tabela 1.1** está descrita a classificação botânica do trigo. Os trigos atuais comerciais pertencem à espécie *Triticum turgidum* L. Thell. ssp. *durum*. Desf. (trigo duro) com 28 cromossomas de dois genomas (A e B) e à espécie *Triticum aestivum* L. ssp. *vulgare* (trigo mole ou comum) com 42 cromossomas de três genomas (A, B e D) (Bagulho, 2008; Pinheiro, 2011).

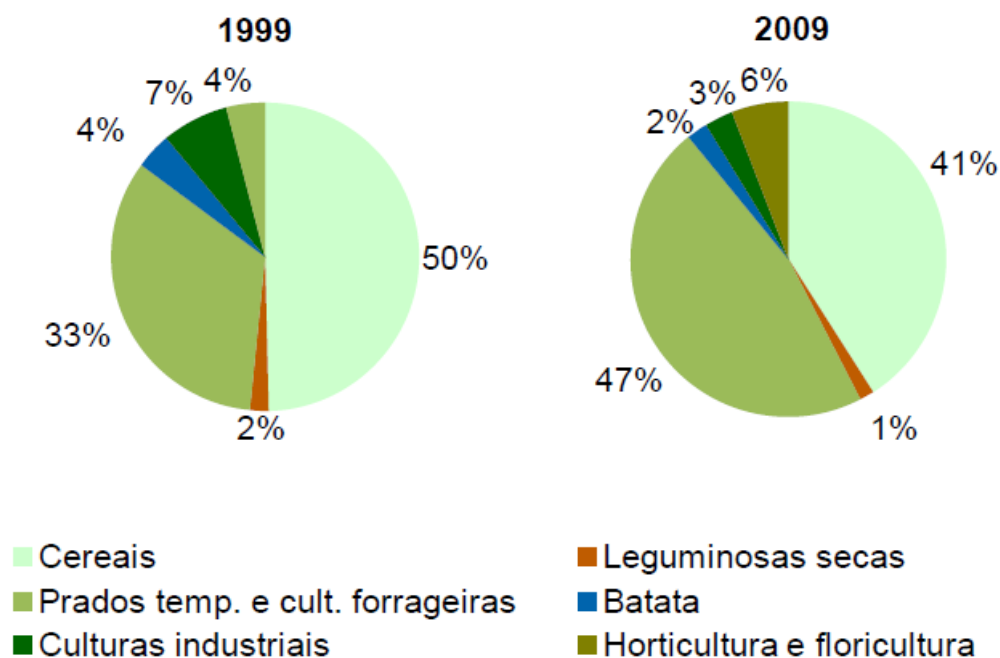
**Tabela 1.1-** Taxonomia do trigo.

<b>Divisão</b>	<i>Angiospermae</i>
<b>Classe</b>	<i>Monocotyledonae</i>
<b>Ordem</b>	<i>Poales (Graminales)</i>
<b>Família</b>	<i>Gramineae (Poaceae)</i>
<b>Tribo</b>	<i>Triticeae</i> Dumort
<b>Género</b>	<i>Triticum</i> L.
<b>Espécie/Subespécie</b>	<i>Triticum turgidum</i> L. Thell. ssp. <i>durum</i> . Desf. - Trigo duro
	<i>Triticum aestivum</i> L. ssp. <i>Vulgare</i> - Trigo mole

### 1.3. Estatísticas do trigo

As explorações agrícolas ocupam metade da área geográfica do país.

Os cereais para grão representam o segundo grupo de culturas mais importantes com cerca de 41% (**Figura 1.1**) do total das culturas temporárias (Instituto Nacional de Estatística, 2012).



**Figura 1.1-** Relação percentual das culturas temporárias em Portugal (variação 1999-2009)

(Fonte: Instituto Nacional de Estatística, 2012).

**Tabela 1.2-** Superfície e produção de cereais nos anos de 2009 a 2011 (Fonte: Instituto Nacional de Estatística, 2012).

<b>Culturas Temporárias</b>	<b>Superfície (ha)</b>			<b>Produção (t)</b>		
	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>
<b>Trigo Mole</b>	61 963	48 610	39 628	103 766	66 963	47 096
<b>Trigo Duro</b>	11 029	9 117	2 868	20 379	15 615	3 907
<b>Milho</b>	94 727	90 371	99 983	634 069	626 222	831 706
<b>Centeio</b>	20 558	20 441	19 719	19 444	17 553	18 388
<b>Triticale</b>	23 846	24 487	20 485	35 290	25 871	23 492
<b>Arroz</b>	28 470	29 120	31 436	161 761	170 216	184 087
<b>Aveia</b>	58 447	61 748	52 351	70 716	66 145	48 255
<b>Cevada</b>	40 859	20 224	16 627	72 799	30 620	21 000

Os dados apresentados na **Tabela 1.2** permitem constatar que o trigo mole é o segundo cereal com maior superfície e maior produção em Portugal, apesar da superfície de produção ter vindo a diminuir desde 2009. Em relação à superfície e produção de trigo duro esta não só é a cultura anual com menor valor representativo como também tem vindo a decrescer desde 2009.

Segundo o Instituto Nacional de Estatística, a produção de cereais de outono/inverno atingiu em 2011 um mínimo histórico, apenas superado pela campanha de 2005 que foi fortemente marcada pela seca (Instituto Nacional de Estatística, 2012).

De facto, no ano agrícola 2010/2011 as condições meteorológicas adversas que levaram ao encharcamento dos terrenos não permitiram a realização das sementeiras, contribuindo assim para quebras generalizadas nas áreas semeadas dos cereais de outono/ inverno, em especial de trigo duro (- 69%), mas também de trigo mole e triticale (-18%).

A campanha cerealífera foi assim, e após a baixa produção de 2010, uma das piores da última década, com as quebras de produção a atingirem 75% no trigo duro, 31% na cevada e 30% no trigo mole.

Apesar deste cenário, a importância da cultura do trigo foi reconhecida no âmbito do projeto SIAM I (Santos *et al.*, 2002), considerando-se que o trigo foi uma das duas culturas escolhidas para avaliar os impactes da mudança climática no sector agrícola. Neste contexto, considera-se que uma das principais medidas adaptativas para combater / anular os impactes negativos da mudança climática, consiste na seleção e melhoramento de variedades melhor adaptadas a climas quentes e secos. (Almeida, 2007).

## **1.4. Principais utilizações do trigo**

O conceito de qualidade no trigo é bastante complexo, pois deve definir-se em função dos diferentes produtos que são originados a partir de cada uma destas espécies (*Triticum turgidum* L. ou *Triticum aestivum* L.).

### **1.4.1. Trigo mole**

A farinha de trigo mole é utilizada numa vasta gama de produtos (panificação, bolachas e biscoitos, pastelaria diversa, massas alimentícias tipo “*noodles*”, etc.) pelo que se torna difícil definir os seus critérios de qualidade.

A panificação traduz a sua principal utilização e requer farinhas fortes de elevado teor proteico, que possuam a capacidade de reter o dióxido de carbono libertado durante a fermentação, o que se traduz num maior volume de pão. Já para o fabrico de bolachas são desejáveis farinhas que produzam massas muito extensíveis, com baixo teor nos constituintes da farinha que absorvem água (proteínas, amido danificado, pentosanas insolúveis) (Brites, 2000; Bagulho, 2008).

Nos países da Ásia Oriental o trigo mole é amplamente consumido não na forma de pão mas na forma de massas alimentícias do tipo “*noodles*”.

### **1.4.2. Trigo duro**

Da moenda do trigo duro obtém-se principalmente sêmola (e alguma farinha) que é maioritariamente utilizada no fabrico de massas alimentícias, através da mistura e extrusão da sêmola com água.

Existem no entanto outros produtos derivados do trigo duro como os *couscous*, o *bulghur* e *frekeh* que são muito consumidos em países mediterrânicos do Norte de África e Médio Oriente (Elias, 1995; Carrillo *et al.*, 2006).

O trigo duro é ainda utilizado para fazer determinados tipos de pão muito específicos em alguns países (essencialmente na região do Mediterrâneo), embora o pão produzido a partir do trigo duro possua um volume bastante reduzido.

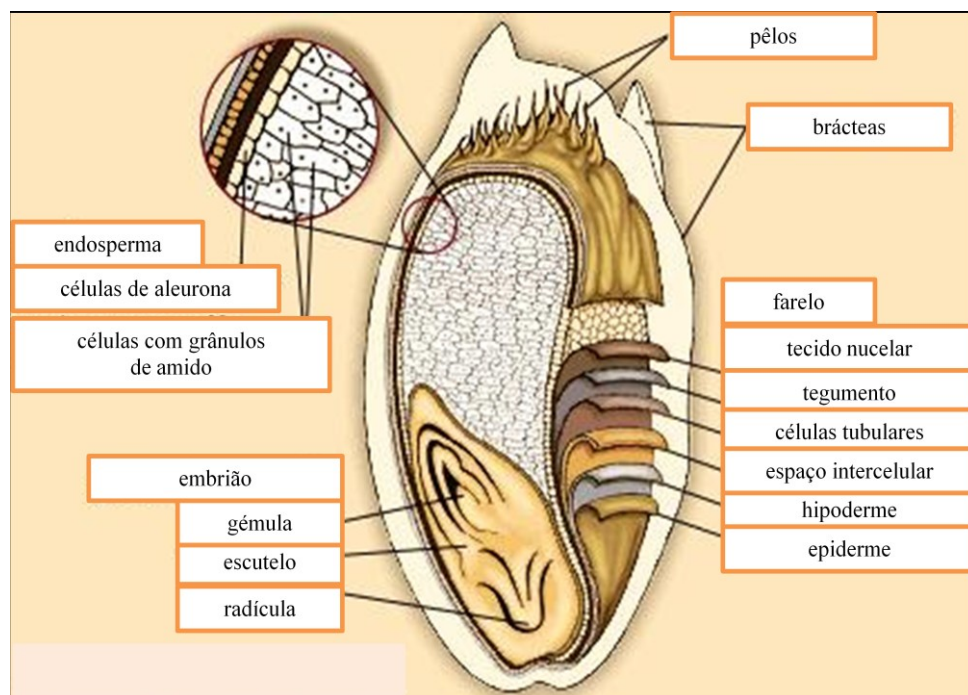
## **1.5. Grão de trigo**

### **1.5.1. Estrutura do grão de trigo**

Enquanto os frutos da maioria das plantas contêm uma ou mais sementes que no estado de maturação são facilmente removidos dos restantes tecidos dos frutos, na família *Gramineae* (*Poaceae*) a parede do fruto e a semente estão unidas, daí que a semente e o fruto não possam ser separados. Este tipo de fruto, característico de todas as gramíneas (incluídos os cereais), tem a designação de cariopse (Šramková *et al.*, 2009).

O grão de trigo tem geralmente forma oval, embora diferentes espécies e/ou variedades tenham grãos de forma ligeiramente diferente. O grão varia entre 5- 9 mm de comprimento, com um peso compreendido entre 35- 50 mg e possui um vinco no lado que foi originalmente ligado à inflorescência (Šramková *et al.*, 2009).

Em termos gerais, o grão de trigo é constituído pelo embrião (2-3%), o endosperma (80-85%) e os tegumentos (12-18%), sendo o endosperma da maior importância por dar origem à farinha, depois de separado dos restantes componentes (Bagulho, 2008). Na **Figura 1.2** apresenta-se um corte longitudinal de um grão de trigo realçando os seus principais constituintes.



**Figura 1.2-** Corte longitudinal de um grão de trigo (Fonte: Encyclopedia Britannica, 2012).

Do ponto de vista estrutural as células do endosperma contêm os seguintes componentes: paredes celulares, grânulos de amido, matriz e corpos proteicos. As paredes celulares possuem um elevado teor de fibra (celulose,  $\beta$ - glucanas e pentosanas) e encerram os restantes constituintes. Os grânulos de amido (Carrillo *et al.*, 2006) ocupam a maior parte do espaço celular, estando rodeados pela matriz proteica e pelos corpos proteicos (maioritariamente incrustados nos grânulos de amido). As células do endosperma fornecem as reservas necessárias ao desenvolvimento da semente quando ocorre a germinação do embrião, nomeadamente os glícidos (principalmente amido), as proteínas e os componentes minoritários lípidos e minerais.

### **1.5.2. Composição química do grão de trigo**

A composição química do grão de trigo pode variar com a região, as condições de cultivo e o ano agrícola. A **Tabela 1.3** mostra os intervalos típicos da composição química do trigo (Pallarés *et al.*, 2007).

**Tabela 1.3-** Intervalo de variação da concentração dos principais componentes do trigo (Pallarés *et al.*, 2007).

Componentes	Mínimo (%)	Máximo (%)
<b>Humidade</b>	8,0	18,0
<b>Amido</b>	60,0	68,0
<b>Proteína</b>	7,0	18,0
<b>Lípidos</b>	1,5	2,0
<b>Fibra</b>	2,0	2,5
<b>Cinzas</b>	1,5	2,0

As proteínas e o amido são quantitativamente mais importantes e os principais responsáveis pelas propriedades tecnológicas das farinhas.



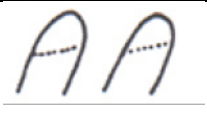
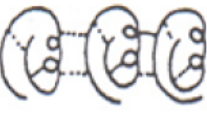
#### **1.5.2.1. Proteínas**

As proteínas do trigo podem ser classificadas em quatro grupos, de acordo com as respetivas solubilidades (Bushuk, 1986). Na **Tabela 1.4** apresentam-se os diferentes tipos e suas características.

As albuminas e as globulinas são proteínas minoritárias que desempenham atividades enzimáticas, enquanto as gluteninas e gliadinas, apesar de representarem cerca de 80 % das proteínas totais, apenas constituem reservas de nutrientes para o desenvolvimento da semente (Shewwry e Tathan, 1990; Bagulho, 2008). Do ponto de vista tecnológico as gluteninas e as gliadinas são as mais importantes, pois são as responsáveis pela formação do glúten.

As gluteninas são proteínas poliméricas formadas por várias cadeias de polipéptidos unidas entre si por pontes bissulfeto. Quando são tratadas com agentes redutores dividem-se em dois grandes grupos de acordo com a sua mobilidade em géis de electroforese SDS-PAGE: gluteninas de alta massa molecular (HMW-GS) e gluteninas de baixa massa molecular (LMW-GS).

**Tabela 1.4-** Classificação das proteínas do trigo (Fonte: Moreno, 2011).

Grupos	Solubilidade	Estrutura	Propriedades	(%)	Origem
<b>Albuminas</b>	Água		Enzimáticas	5-20	Citoplasmática
<b>Globulinas</b>	Solução salina neutra		Emulsionante, produtor de espuma		Citoplasmática
<b>Gliadinas</b>	Etanol a 70%		Extensibilidade	40	Reserva
<b>Gluteninas</b>	Ácidos, bases e agentes redutores		Elasticidade, tenacidade	40	Reserva

As HMW-GS são determinantes na elasticidade do glúten e são codificadas por genes localizados nos braços longos dos cromossomas do grupo 1. O trigo mole possui 3 *loci* que codificam estas proteínas (*Glu-A1*, *Glu-B1* *Glu-D1*), enquanto o trigo duro apenas possui 2 ao não ter o genoma D (Lawrence e Shepherd, 1981; Singh e Shepherd, 1988; Shewry *et al.*, 1992; Bagulho, 2008).

As LMW-GS são três vezes mais abundantes que as HMW-GS e são controladas por genes localizados nos braços curtos dos mesmos cromossomas. O trigo mole possui 3 *loci* principais para estas proteínas (*Glu-A3*, *Glu-B3* *Glu-D3*), enquanto o trigo duro apenas possui 2 *loci* (*Glu-A3*, *Glu-B3*) (Jackson *et al.*, 1983; Bagulho, 2008).

As gliadinas são monoméricas e são codificadas por genes localizados nos braços curtos dos cromossomas do grupo 1 muito ligados aos genes que codificam as LMW-GS, e por genes localizados nos braços curtos dos cromossomas do grupo 6. Apesar de constituírem cerca de 50 % das proteínas do glúten, pensa-se que têm um papel menos determinante na sua qualidade devido à sua estrutura monomérica (Bagulho, 2008).

#### **1.5.2.1.1. Influência das proteínas na qualidade**

As proteínas são assim os componentes que mais influenciam a qualidade dos trigos, quer pela sua quantidade (teor proteico), quer pelo tipo de proteínas (características das proteínas individuais). Estes dois aspetos são os principais determinantes da viscoelasticidade do glúten, pois condicionam o tamanho dos polímeros e as suas propriedades agregativas (Bagulho, 2008).

Alguns autores têm estabelecido uma relação entre a presença/ausência de determinado tipo de gluteninas e a força do glúten chegando mesmo a propor sistemas de pontuação de qualidade para os diferentes tipos de gluteninas (Carrillo *et al.*, 2006).

Em relação ao trigo mole aceita-se que as gluteninas HMW-GS são as que mais influenciam a qualidade enquanto que a composição no *locus Glu-D1* tem o maior efeito na força do glúten. Verifica-se neste *locus* que as subunidades 5+10 conferem melhor qualidade ao glúten que as restantes, pois possuem um resíduo de cisteína adicional que lhes permite formar um maior número de ligações intermoleculares (Bagulho, 2008).

A qualidade no trigo duro está muito relacionada com as gluteninas LMW-GS, mais concretamente as controladas pelos genes do *locus Glu-B3*. Payne *et al.* (1984, *cf.* por Moreno, 2011) estabeleceram inicialmente dois tipos de modelos de gluteninas LMW-GS (LMW-1 e LMW-2) em trigo duro. As gluteninas do tipo LMW-2 conferem um carácter mais forte ao glúten do que as gluteninas do tipo LMW-1. É frequente utilizarem-se as  $\gamma$ -gliadinas 42 e 45 como marcadores genéticos que descrevem a força do glúten como forte e fraco, respetivamente, porque estão associadas geneticamente às gluteninas do tipo LMW-1 e LMW-2, respetivamente (Edward *et al.*, 2007).



As subunidades HMW-GS também são importantes para a qualidade no trigo duro (embora em menor extensão quando comparadas com as LMW-GS). É importante referir que a interferência na força do glúten das gluteninas HMW-GS controladas pelo *locus Glu-B1* está ainda pouco esclarecida (Peña, 2000).

#### **1.5.2.2. Amido**

Os cereais armazenam energia na forma de amido que representa cerca de 65-70% da farinha de trigo. Este acumula-se na forma de grânulos que se formam dentro de amiloplastos e são essencialmente de dois tipos: grânulos do tipo B (mais pequenos e esféricos) e do tipo A (maiores e lenticulares). São constituídos por dois tipos de polissacáridos amilose e amilopectina. A amilose é essencialmente uma molécula linear enquanto a amilopectina é um polímero muito ramificado e com massa molecular superior a  $10^8$  (Pallarés *et al.*, 2007).

Os grânulos de amido, devido ao seu estado nativo parcialmente cristalino, experimentam quando são submetidos a tratamento térmico, diferentes transições de fase, sendo de destacar a gelatinização e a retrogradação. Estas transições influenciam o volume final dos produtos cozidos e a sua tendência ao endurecimento que depende, entre outros fatores, da proporção amilose/amilopectina (Pallarés *et al.*, 2007).

O endosperma do grão de trigo também contem uma pequena proporção de outros polissacáridos, que nutricionalmente se incluem no grupo das fibras: arabinosilanos, D-glucanos e celulose (Pallarés *et al.*, 2007).

#### **1.5.2.3. Outros componentes**

No grão de trigo existem outros componentes minoritários como diferentes tipos de lípidos, minerais e vitaminas. Os minerais estão em muito pequena proporção no grão de trigo e os componentes principais desta fração são os fosfatos e sulfatos de potássio, magnésio e cálcio. Também se encontram quantidades significativas de ferro, magnésio, zinco e cobre. Em relação às vitaminas os grãos de cereais são ricos em vitaminas do grupo B e E (Pallarés *et al.*, 2007).

Certos componentes do trigo concentram-se no farelo e embrião, pelo que as farinhas brancas contêm uma proporção menor destes componentes que as farinhas integrais. É o que acontece com as vitaminas, os minerais, a fibra e certas substâncias antioxidantes (Pallarés *et al.*, 2007).

## **1.6. Avaliação da qualidade do trigo**

Os critérios de qualidade do trigo têm evoluído continuamente em resposta aos avanços tecnológicos quer na moagem do trigo quer no seu processamento secundário (Marchylo *et al.*, 2001).

O processo de moagem nos últimos anos sofreu poucas alterações tecnológicas mas no mesmo período de tempo os critérios para produzir uma farinha/sêmola de qualidade modificaram-se consideravelmente. A moagem propriamente dita não é um processo que origine qualidade no sentido de melhorar ou acrescentar qualidade ao trigo mas pode tender a diminuir a qualidade do trigo quando processada incorretamente. Em termos gerais a moagem pode influenciar os seguintes parâmetros da farinha/sêmola:

1. **Aparência e pureza:** a presença ou não de substâncias estranhas, castanhas e/ou escuras pode resultar de uma moagem descuidada produzindo farinha/sêmola contaminada;
2. **Higiene:** limpeza insuficiente da planta antes da moagem significa que diversas substâncias orgânicas (como fragmentos de insetos, pêlos de roedores, penas e excrementos) permaneçam na planta e sejam moídas juntamente com o trigo;
3. **Propriedades do glúten:** moagem excessiva com uma forte fricção pode danificar as propriedades tecnológicas do glúten;
4. **Coloração:** a pigmentação pode ser influenciada por uma moagem excessiva.

O processo de moagem é por sua vez influenciado por algumas propriedades físicas e químicas do trigo:

1. O peso do hectolitro (massa volúmica) do trigo duro pode influenciar negativamente a razão de sêmola produzida durante a moagem;
2. A humidade condiciona o processo de armazenamento do trigo e o seu condicionamento para a moagem;
3. O teor em minerais é particularmente importante quando existe um limite legal do teor de cinzas no produto extraído;
4. A qualidade/sanidade da matéria-prima;
5. A presença de parasitas pode provocar colorações pretas na cariopse e por sua vez no produto final;

6. No trigo duro as cariopses não vítreas são menos rijas e por sua vez mais facilmente moídas, produzindo farinhas finas em maior quantidade do que sêmolas. Este tipo de grãos tem um menor teor de proteína do que as cariopses vítreas colhidas na mesma área de cultivo (Landi, 1995).

Na indústria alimentar, nomeadamente na produção de massas e pão, a qualidade do trigo é determinada durante o processamento alimentar através das características do produto final. Porém, esta prática utiliza grandes quantidades de matéria-prima (farinha e sêmola) sendo também muito demorada.

Alternativamente, a indústria adotou novos métodos reológicos, menos dispendiosos e demorados que prevêm o comportamento da massa e do pão na panificação. Destaca-se o mixógrafo, o farinógrafo e o alveógrafo para determinar as propriedades viscoelásticas (força e extensibilidade) das proteínas do glúten. Estas propriedades correlacionam-se com a firmeza e elasticidade quer da massa cozida, quer com o volume do pão e estrutura do miolo.

A maioria dos testes reológicos e sensoriais utilizados na indústria para avaliar a qualidade do trigo não são adequados para as centenas de linhas experimentais que estão nos primeiros estágios avançados de desenvolvimento dos programas de melhoramento, devido à quantidade limitada de amostra e tempo de teste. Nestas situações utilizam-se micro-testes indiretos para selecionar germoplasma que estão fortemente associados à qualidade reológica. Estes incluem o conteúdo em proteínas, o teor e índice de glúten, o índice de queda, o teste de sedimentação com Dodecil Sulfato de Sódio (SDS) entre outros (Peña, 2000).

Os diferentes parâmetros da qualidade têm diferentes prioridades consoante o produto final a que se destinam. No entanto, o elevado teor proteico bem como a qualidade associada a estas proteínas, são imprescindíveis quer para o fabrico das massas alimentícias quer para o fabrico de pão, pois ambos afetam diretamente o processamento alimentar. No caso do pão, as proteínas são as responsáveis pela manutenção das suas propriedades (Peña, 2000).

## ***1.7. Panificação***

### ***1.7.1. Considerações gerais sobre o pão***

De acordo com a legislação portuguesa, entende-se por pão, “o produto obtido da amassadura, fermentação e cozedura, em condições adequadas, das farinhas de trigo, centeio, triticale ou milho, estemes ou em mistura, de acordo com os tipos legalmente estabelecidos, água potável e fermento ou levedura, sendo ainda possível a utilização de sal e de outros

ingredientes, incluindo aditivos, bem como auxiliares tecnológicos, nas condições legalmente fixadas” (Portaria Nº25/98, 1998). O pão é assim um conceito genérico que pode ser obtido com diferentes formulações e processos, englobando uma enorme variedade de tipos e formas.

A informação nutricional do pão evidencia a prevalência dos glícidos de absorção lenta (particularmente o amido), e baixos teores de glícidos de absorção rápida e de gorduras. Apesar de ser um alimento nutricionalmente rico, o pão, tem registado durante as últimas décadas um decréscimo acentuado de consumo (i.e., cerca de 200g/dia/pessoa nos últimos 100 anos). Para que o consumo de pão se reafirme e atinja os valores recomendados (250-300 g/dia/pessoa, o que equivale a cerca de 90 kg/ano) é necessário inovar e desenvolver novas formulações com incorporação de outras farinhas e ingredientes funcionais. A consciência de que o valor energético do pão depende essencialmente dos glícidos e o conhecimento de que a fibra alimentar é importante para a dieta, têm levado à generalização do consumo de pão obtido a partir de farinhas integrais.

No entanto, a evolução das preferências dos consumidores, a incorporação das tecnologias, a segmentação do mercado e o esforço setorial fazem com que se revalorizem conceitos relacionados com o fabrico artesanal, com a singularidade e a especificidade de uma região ou com outros aspetos de diferenciação (Brites e Guerreiro, 2008).

### ***1.7.2. O processo de panificação***

Durante o processo de panificação cada passo afeta significativamente a qualidade do produto final.

A **mistura** é a primeira etapa do processo como o próprio nome indica, e assegura a mistura das matérias-primas e a formação/desenvolvimento da massa. Nesta fase as partículas de farinha são hidratadas lentamente e devido ao trabalho mecânico que é aplicado, o glúten vai-se desenvolvendo formando uma rede tridimensional, forte e extensível com capacidade de reter os gases libertados na fermentação. O amido e restantes componentes da farinha são integrados na rede. A massa também vai incorporando ar que irá contribuir para o alveolado final do pão. As amilases são ativadas e começam a atuar sobre o amido danificado. Formam-se açúcares fermentáveis, que conjuntamente com os açúcares presentes na massa, constituem o substrato para as leveduras. Estes açúcares são transformados em álcool, dióxido de carbono e outros compostos minoritários que influenciam o aroma final do pão (Pallarés *et al.*, 2007).

A **fermentação** é o passo fundamental do processo e, para além do aroma, influencia várias outras características do produto final (nomeadamente, o volume e o, alveolado do miolo) uma vez que é nesta fase que a massa se expande (Arendt *et al.*, 2007; Bot, 2008). As diferentes enzimas envolvidas na produção de açúcares simples provêm da farinha, das leveduras e são frequentemente adicionadas ao processo, com o objetivo de melhorar a qualidade do produto. É muito importante que o processo se desenvolva até ao seu ponto ótimo, o que depende fundamentalmente da temperatura de fermentação e da concentração de levedura (Pallarés *et al.*, 2007). Vários fatores podem influenciar esta etapa, tais como o pH, os nutrientes disponíveis e a presença de substâncias capazes de bloquear / inibir a atividade fermentativa (Bot, 2008).

Durante o processo de **cozedura** a massa continua a aumentar de volume, forma-se o miolo e a côdea (sendo que esta última aloira e escurece). Numa primeira fase destaca-se o aumento de volume devido fundamentalmente a três fatores: expansão dos gases retidos na massa com o aumento da temperatura; evaporação de parte de água e etanol presentes na massa; da levedura, que produz uma importante quantidade de dióxido de carbono, até que a massa alcance 60°C. Acima desta temperatura o amido gelatiniza, o glúten desidrata e desnatura, a expansão do pão cessa e evolui a estrutura final.

Ao longo de todo este processo a humidade do pão vai diminuindo por evaporação, a secagem / aumento de temperatura da superfície da massa levam à formação da côdea devido às reações de *Maillard* entre açúcares e aminoácidos e a reações de caramelização dos açúcares (Pallarés *et al.*, 2007).

### **1.7.3. A qualidade do pão**

A qualidade adquire importância primordial e emergem várias vertentes: a tecnológica, a organolética e a nutricional.

A qualidade tecnológica aparece relacionada com a rendibilidade industrial e está associada à necessidade de criar parâmetros como o rendimento em farinha, o teor em cinzas, o teor proteico e o volume específico do pão. O volume específico do pão é uma das características determinantes na aceitação do produto alimentar por parte do consumidor (Stojceska e Butler, 2012).

A qualidade organolética está ligada às preferências dos consumidores e criam-se parâmetros relacionados com a cor, o sabor e a textura, equacionando o grau de frescura do pão.

A qualidade nutricional (**Tabela 1.5**) depende da composição química, e está muito centrada no valor energético do pão e aporte de fibras e sais minerais.

**Tabela 1.5-** Informação nutricional de vários tipos de pão por 100g (Brites e Guerreiro, 2008).

<b>Tipo de pão</b>	<b>Valor energético (Kcal)</b>	<b>Proteínas (g)</b>	<b>Glúcidos (g)</b>	<b>Lípidos (g)</b>	<b>Fibras (g)</b>	<b>Sódio (mg)</b>
<b>Trigo</b>	289	8,4	57,3	2,2	3,8	322
<b>Trigo integral</b>	221	7,6	39,9	3,0	7,4	367
<b>Centeio</b>	263	5,9	56,4	0,8	5,8	517
<b>Centeio integral</b>	220	7,7	41,3	2,1	7,1	221
<b>Milho</b>	185	5,3	37,2	1,2	3,7	282
<b>Coração</b>	248	7,0	51	1,2	2,8	80
<b>Leite</b>	247	7,0	51,4	1,9	2,5	43

#### **1.7.4. Panificação com trigo duro**

Apesar da panificação ser fundamentalmente realizada com trigo mole, o trigo duro é utilizado tradicionalmente em países mediterrâneos na panificação de pães planos e pães especiais. O pão de trigo duro apresenta características diferentes daquelas a que a maior parte dos consumidores portugueses estão habituados: cor amarelada, *flavor* bastante próprio, miolo fino e uniforme e tempo de prateleira (validade) superior em relação ao pão comum de trigo mole. De facto, neste contexto, a utilização de trigo duro para panificação tem aumentado nos últimos anos. De acordo com Palumbo *et al.* (2000) em Itália a utilização de trigo duro na panificação aumentou de 4% para 10% entre 1990 e 2000. Existe um interesse considerável no fabrico de pão utilizando trigo duro. O trigo duro de boa qualidade pode ser escoado, em anos de boa colheita, para mercados alternativos, quer sozinho quer em misturas com trigo mole.

Na literatura é possível encontrar diversos estudos sobre a panificação com trigo duro, nomeadamente de pão de lareira ou pão de forma. Todos eles indicam que a panificação do trigo duro melhora com o aumento da força do glúten que o constitui (Dexter e Marchylo, 2000). Porém, a maior parte destes pães apresenta um volume inferior em comparação com os pães produzidos com trigo mole.

A força do glúten representa o principal motivo do baixo volume de pão, pois o glúten do trigo duro torna a massa pouco extensível. É a ausência do genoma D que reduz o potencial de panificação do trigo duro (Kerber e Tripples, 1969; Liu *et al.*, 1996). Redaelli *et al.* (1997) concluíram ainda que o cromossoma 1D influencia fortemente a elasticidade e extensibilidade da massa durante a panificação.

Num estudo desenvolvido por Ammar *et al.* (2000) também se concluiu que para melhorar a qualidade da farinha/sêmola do trigo duro é necessário incorporar maior força e extensibilidade à massa. Neste caso considera-se que o procedimento mais adequado será incorporar proteínas codificadas pelo genoma D.

Numa tentativa de melhorar alguns aspetos menos positivos na panificação com trigo duro, muitos autores (tal como os referidos anteriormente) ainda apontam para a possibilidade de se misturar trigo duro com trigo mole.

### **1.8. Principais objetivos**

No decorrer do desenvolvimento deste trabalho pretende-se a:

1. Aproximação dos usos e costumes da panificação do passado com a utilização de misturas trigo mole e trigo duro com a obtenção de pães de maior rusticidade.
2. Caracterização de uma variedade antiga “Pirana” de qualidade tecnológica desconhecida, inscrita em 2011 no CNV como variedade de conservação.
3. Utilização de uma tecnologia de panificação muito simples próxima do consumidor final (Máquina Automática) – possível interesse destas misturas em nichos de mercado.

## ***2. Materiais e Métodos***



## **2.1. Material vegetal**

Como material de base para este estudo utilizaram-se farinhas / sêmolas de duas variedades de trigo mole (*Triticum aestivum* L.) e de três de trigo duro (*Triticum durum* Desf.). De entre o trigo mole optou-se pela variedade atual “Almansor,” obtida no programa de melhoramento genético de trigo da Estação de Melhoramento de Plantas do Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (EMP/INIAV), e, pela variedade “Pirana”, uma *landrace* inscrita como variedade de conservação no Catálogo Nacional de Variedades em 2010/11. Quanto às variedades de trigo duro optou-se por usar três variedades de trigo duro modernas “Hélvio”, “Celta” e “Marialva” também obtidas no Programa de Melhoramento Genético da EMP e que diferem em composição proteica e características tecnológicas.

## **2.2. Extração e separação das gluteninas**

A extração das gluteninas foi realizada segundo o método sequencial proposto por Singh *et al.* (1991), tendo sido separadas por SDS-PAGE.

### **2.2.1. Extração das gluteninas**

A extração das gluteninas foi realizada por adição de 1mL de solução de 1-propanol a 50% (v/v), seguida de incubação em estufa (65 °C, 30 minutos) com 3 agitações intermédias e centrifugação (13.000 r.p.m, 5 minutos). O sobrenadante foi eliminado e o resíduo do tubo inicial foi sujeito a mais duas lavagens com 1-propanol a 50% (v/v). Para reduzir as gluteninas presentes no resíduo adicionou-se 0,1 mL de solução (50 % (v/v) 1-propanol, 80 mM Tris-HCl pH 8,0) com 1% (p/v) de ditiotretitol, seguida de agitação, incubação (65°C, 30 minutos) e centrifugação (10.000 r.p.m., 5 minutos). Juntou-se a cada tubo 0,1 mL da solução anterior mas desta vez contendo 1,4 % (v/v) de 4-vinilpiridina, incubou-se (65 °C, 15 minutos) e centrifugou-se (13.000 r.p.m., 2 minutos).

Finalmente retiraram-se 0,1 mL do sobrenadante para outro tubo contendo 0,1 mL de tampão de electroforese. Após agitação, incubação (65°C, 15 minutos) e centrifugação (10.000 r.p.m., 2 minutos), as amostras (**gluteninas**) foram inseridas nos géis (SDS-PAGE).

### **2.2.2. Separação por electroforese SDS-PAGE**

As subunidades de **gluteninas** (elevada massa molecular, HMW-GS, e baixa massa molecular, LMW-GS) foram separadas por electroforese em géis de poliacrilamida na presença de dodecil sulfato de sódio (SDS). Utilizou-se o sistema descontínuo de Laemmli (1970) com o gel de separação com cerca de 12 % (p/v) de acrilamida e o gel de concentração com 3 % (p/v) (Tabela 2.1).

A electroforese foi realizada com o tampão (1,4 % (p/v) glicina, 0,3 % (p/v) Trizma base, 0,1 % (p/v) SDS), a 40 mA por gel. Os géis foram corados com Comassie Blue R-250, lavados com água e conservados após tratamento com glicerol a 5 % (v/v), seguido de secagem.

**Tabela 2.1-** Composição dos géis de eletroforese SDS-PAGE (para 4 géis).

Soluções Iniciais	Gel de Separação (mL)	Gel de Concentração (mL)
35 % (p/v) de Acrilamida	35,0	1,7
2 % (p/v) de Bis-acrilamida	6,0	0,4
Água	16,6	15,2
Tampão 1M Tris-HCl, pH 8,8	37,6	-
Tampão 1M Tris-HCl, pH 6,8	-	2,5
10 % (p/v) de SDS	1,0	0,2
1% (p/v) de Persulfato de amónio	2,5	1,0
TEMED	0,05	0,02

### **2.2.3. Nomenclatura**

Para identificar as subunidades de gluteninas de alta massa molecular (HMW-GS), usou-se a nomenclatura proposta por Payne e Lawrence (1983) com algumas modificações.

Para designar as gluteninas LMW-GS usou-se a nomenclatura de alelos, proposta por Gupta e Shepherd (1990) e Jackson *et al.* (1996), para os trigos moles, e de Nieto-Taladriz *et al.* (1997), no caso dos trigos duros.

## **2.3. Testes de qualidade**

Os vários testes de qualidade utilizados neste trabalho permitiram caracterizar do ponto de vista químico e tecnológico as farinhas / sêmolas obtidas a partir das cinco variedades em estudo.

Os ensaios reológicos (alveógrafo e farinógrafo) e o ensaio de panificação foram ainda utilizados no estudo das diferentes misturas de trigo mole e trigo duro consideradas no trabalho, de modo a tentar compreender o efeito da incorporação de trigo duro no comportamento viscoelástico das massas e na panificação.

### **2.3.1. Preparação das amostras**

As amostras de trigo mole foram condicionadas a 16% de humidade, homogeneizadas durante 30 minutos com a ajuda de um misturador Chopin MR2 (Group Tripette & Renaud, França), deixadas em repouso durante 16 horas e posteriormente foram moídas no moinho Chopin CD1 (Group Tripette & Renaud, França) para obtenção da farinha.

As amostras de trigo duro foram condicionadas a 16,5% de humidade com a ajuda de um misturador Chopin MR2 e deixadas em repouso durante 3 horas. Posteriormente foram condicionadas a 17,5 %, seguindo-se um período de repouso de 24 horas após o qual o trigo foi moído de acordo com Boggini (1991).

Numa primeira fase testaram-se diferentes procedimentos de moagem do trigo duro, de modo a se obterem várias amostras de granulometria diferente que foram estudadas quanto ao seu comportamento reológico e influência na panificação.

O trigo duro foi assim moído no moinho Chopin CD1 (Group Tripette & Renaud, França), utilizando o procedimento anteriormente descrito para o trigo mole, diferindo no número de passagens no lado da redução para otimizar o rendimento da moenda: uma passagem (amostra A) ou duas (amostra B). As farinhas obtidas possuem uma granulometria inferior a 150  $\mu\text{m}$ . O trigo duro foi também moído no moinho Chopin CD2 (Group Tripette & Renaud, França), seguido de crivagem no Sessor (Group Tripette & Renaud, França) a qual é a metodologia normalmente utilizada para a obtenção de sêmolas (granulometria superior à farinha, entre 150 – 500  $\mu\text{m}$ ). Como o objetivo deste trabalho visava a panificação, não se desprezou a fração de farinha resultante deste processo de moagem, considerando-se

conjuntamente os dois produtos (sêmolos e farinha). Apenas se eliminaram as partículas mais grosseiras, de modo a que a fração encontrada possuísse uma granulometria inferior a 450 µm.

Esta fração foi diretamente utilizada no estudo (amostra C) tendo ainda sido sujeita a uma peneiração no Rotachoc (Group Tripette & Renaud, França) que permitiu isolar uma fração de granulometria compreendida entre 280 - 450 µm (amostra D) e outra de granulometria compreendida entre 140 – 280 µm (amostra E).

Os resultados obtidos nesta primeira fase do trabalho permitiram optar pela moagem do trigo duro no moinho Chopin CD2 e utilização conjunta de farinha e sêmolos de granulometria inferior a 450 µm.

### **2.3.2. Humidade**

A humidade da farinha / sêmola foi determinada segundo a Norma Portuguesa 516 (2000).

Seguindo o especificado pela norma pesou-se rapidamente todo o produto da moenda (cerca de 5g) com a aproximação de 0,001g, na caixa de tara previamente seca e tarada, conjuntamente com a sua tampa, com a aproximação de 0,001g. De seguida colocou-se a caixa de tara aberta contendo a toma para análise juntamente com a sua tampa na estufa, durante 90 min ± 5 min a 130 ± 3°C. Retirou-se rapidamente a caixa de tara da estufa, fechou-se e colocou-se no exsiccador. Após 30 minutos pesou-se com a aproximação de 0,001g.

O teor de água,  $w$ , expresso como uma percentagem em massa do produto, foi calculado pela seguinte fórmula:

$$w (\%) = \left(1 - \frac{m_1}{m_0}\right) \times 100$$

Onde:

$m_0$ - massa, em gramas, da toma para análise;

$m_1$ - massa, em gramas, da toma para análise após secagem.

### **2.3.3. Cinza**

A cinza foi determinada na farinha / sêmola segundo a Norma Portuguesa 519 (1993).

Preparou-se a cápsula de incineração tal como descrito na referida Norma. Colocou-se a amostra ( $5 \pm 0,01$ g) na cápsula e pesou-se com aproximação de 0,0001g. Colocou-se a cápsula

na mufla a  $900 \pm 10^{\circ}\text{C}$ , até que o produto se inflame, e durante 2 horas, para que ocorra a combustão total da amostra. Retirou-se a cápsula da mufla, deixou-se arrefecer durante 1 minuto sobre uma placa de material termorresistente e logo depois no exsiccador. Após a cápsula ter atingido a temperatura ambiente pesou-se com aproximação de 0,0001g.

O teor de cinza, expresso em percentagem em massa, foi calculado através da seguinte fórmula:

$$\frac{m1}{m0} \times 100$$

Onde:

m0- massa, em gramas, da quantidade de amostra;

m1- massa, em gramas, do resíduo.

#### **2.3.4. Teor proteico**

A quantificação das proteínas totais da farinha / sêmola foi realizada segundo o método Kjeldhal, de acordo com a Norma Portuguesa 1996 (2000).

Numa balança analítica pesou-se  $1\text{g} \pm 0.001\text{g}$  de amostra. Colocou-se a amostra num tubo de mineralização (Kjedhal), juntou-se o catalisador (sulfato de potássio+ selénio) e 10 mL de ácido sulfúrico. Homogeneizou-se de forma a assegurar um contato completo da amostra. Colocou-se o tubo no bloco de mineralização pré-aquecido a  $420 \pm 10^{\circ}\text{C}$ . Após 2 horas de mineralização deixou-se arrefecer.

Cada tubo contendo a amostra mineralizada foi posteriormente destilado: juntou-se uma solução de hidróxido de sódio para neutralizar a quantidade de ácido sulfúrico excedente e vapor de água, levando à formação de amoníaco, o qual foi recolhido num copo previamente preparado com ácido bórico e algumas gotas de indicador corado. De seguida, titulou-se a amoníaco com ácido clorídrico 0,1N até se atingir o ponto final.

Paralelamente efetuou-se um ensaio em branco (digestão, destilação e titulação) na ausência de amostra.

O teor de azoto, N, expresso em percentagem foi calculado pela equação:

$$N (\%) = \frac{(V1 - V0) \times T \times 0,014 \times 100}{m}$$

Onde:

V0- volume de solução de ácido forte gasto no ensaio em branco expresso em mL;

V1- volume de ácido forte gasto no ensaio com a amostra, expresso em mL;

0,014 valor, em grama, da quantidade de azoto equivalente à utilização de 1 mL de uma solução de ácido sulfúrico 0,1N;

m- massa, em grama, da amostra.

O teor de proteína bruta da amostra foi calculado posteriormente multiplicando o valor obtido pelo fator convencional de 5,7.

### **2.3.5. Teor de glúten húmido, seco e índice de glúten**

Para se estimar a quantidade e qualidade do glúten utilizou-se o método de extração mecânica através do equipamento Glutomatic (Perten Instruments), segundo a Norma ISO 21415-2:2006 (E).

O glúten húmido foi extraído mecanicamente a partir da farinha/sêmola por lavagens com uma solução de cloreto de sódio (2% p/v), e consequente centrifugação. Pesou-se o resíduo obtido, calculando-se a percentagem de glúten húmido na farinha / sêmola.

O glúten seco foi obtido por pesagem após secagem no equipamento Glutork 2020 (Perten Instruments) segundo a Norma ISO 21415-4:2006 (E), calculando-se a percentagem de glúten seco na farinha / sêmola.

O índice de glúten é um indicador da força do glúten e foi estimado de acordo com a norma ICC Standard Nº 158 (1995). De acordo com este método o índice de glúten corresponde à percentagem de glúten húmido que permanece no crivo após centrifugação. Se o glúten for de fraca qualidade, todo o glúten passa através do crivo e o índice tem um valor próximo de zero; caso contrário o glúten não atravessa o crivo e tem um valor próximo de 100.

### **2.3.6. Índice de queda**

A determinação do índice de queda foi realizada segundo a Norma ISO 3093:2009 (E). É também conhecida por *Falling Number* ou Índice de Hagberg, e avalia a atividade alfa-amilásica, permitindo detetar processos de degradação do amido. O processo baseia-se na gelatinização de uma suspensão aquosa de farinha num banho de água em ebulição e subsequente medição da liquefação devida à alfa-amilase do amido contido na amostra. Esta medição refere-se ao tempo necessário para que um agitador viscosimétrico atravesse uma distância fixa no gel aquoso de farinha.

### **2.3.7. Teor em pigmentos amarelos**

É considerado um importante critério de qualidade do trigo duro, pelo que apenas foi determinado nas amostras desta espécie de trigo. Representa o teor em carotenos extraídos do endosperma, expresso em miligramas de  $\beta$ - caroteno por 100g de matéria seca. A sua extração foi realizada com n-butanol saturado em água e a sua quantificação foi efetuada no espectrofotómetro a 440 nm segundo a proposta de Norma Portuguesa 4401 (2001).

### **2.3.8. Teste de sedimentação SDS**

Este método baseia-se na medição do volume de sedimentação do trigo moído após agitação com uma solução de SDS e ácido láctico (**Tabela 2.2**) (Dick e Quick, 1983). As amostras foram moídas no moinho Cyclotec (Tecator, Suécia) com o crivo de 1mm.

**Tabela 2.2-** Composição das soluções utilizadas no teste de sedimentação SDS.

Soluções	Composição
<b>A</b>	0,001 % (p/v) Azul de bromofenol
<b>B</b>	9,5 % (v/v) Ácido láctico
<b>C</b>	2 % (p/v) SDS
<b>D</b>	Solução B e C na proporção 1:28

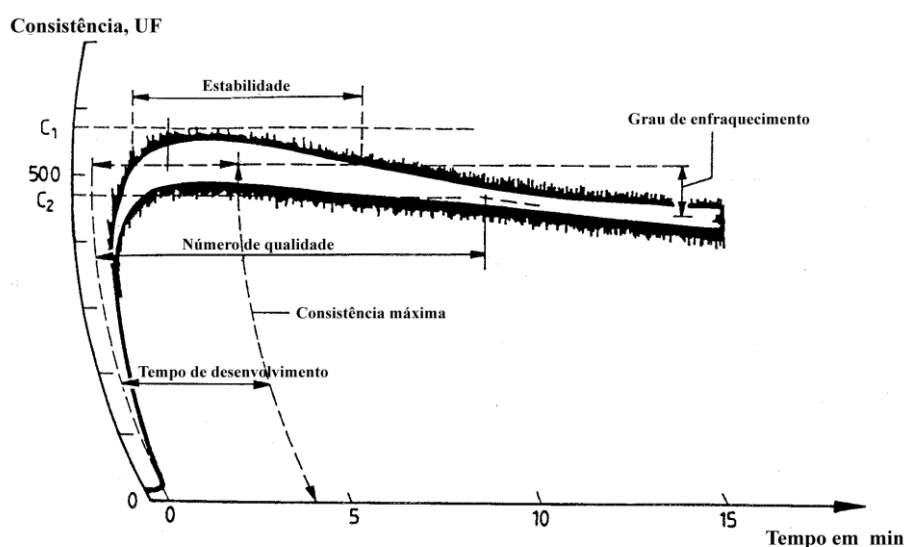
A amostra (1 g) foi suspensa com azul de bromofenol (solução A) e sujeita a períodos alternados de agitação (vortex) e repouso. Após a adição da solução D, os tubos foram sujeitos a períodos alternados de agitação e repouso num agitador oscilante do tipo Brabender (Brabender OHG Duisburg, Alemanha). As amostras foram colocadas na posição vertical e ao fim de 10 minutos procedeu-se à leitura da altura de sedimento.

### **2.3.9. Ensaio farinográfico**

Usou-se um micro-farinógrafo de 10 g (Brabender OHG Duisburg, Alemanha) e seguiu-se a Norma Portuguesa 3653 (2000). Para cada amostra realizaram-se dois ensaios, um ensaio de calibração que permitiu definir a quantidade de água necessária para a farinha atingir uma consistência de 500 UF e o ensaio propriamente dito, realizado com a quantidade de água determinada anteriormente.

Os dados extrapolados do ensaio farinográfico (**Figura 2.1**) foram:

- **Absorção ou hidratação da massa (Ab)** - indica a quantidade de água adicionada à farinha para que ela atinja a consistência padrão (500 UF). É expressa em percentagem do peso da farinha.
- **Tempo de desenvolvimento (TD)** - período de tempo expresso em minutos, desde o início da amassadura até ao momento em que a massa atinge a consistência de 500 UF.
- **Estabilidade (Est)** - intervalo de tempo durante o qual a massa mantém a máxima consistência e mede-se pelo tempo que a curva se encontra acima das 500 UF. Indica a tolerância à amassadura.
- **Grau de enfraquecimento (Enf)** - diferença em UF entre a consistência máxima e a consistência 10 minutos depois do início da curva.
- **Número de qualidade (IQ)** - comprimento (mm) desde a adição de água até à altura em que a curva diminui 30 UF relativamente à consistência que atingiu no tempo de desenvolvimento.



**Figura 2.1-** Curva farinográfica tipo com a expressão dos principais parâmetros.

### **2.3.10. Ensaio alveográfico**

Foi utilizado o alveógrafo Chopin MA87 (Group Tripette & Renaud, França), provido de uma amassadeira de 50g e relaxocalculadora RCV4 que permitiu a medição e registo automático dos dados. Seguiu-se a ISO 27971 (E): (2008), com algumas modificações. A farinha (50g) foi hidratada com uma solução de cloreto de sódio a 2,5% em função da sua humidade, e foi amassada de acordo com o método *standard*.

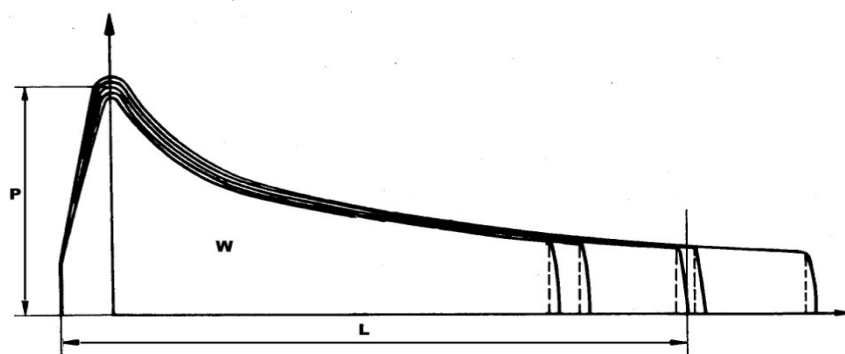


Seguiu-se o método de referência para as farinhas de trigo mole (50 % de hidratação e 8 minutos a amassar na amassadeira). Nas sêmolas de trigo duro, e nas misturas trigo duro / trigo mole, foi necessário otimizar o método, aumentando a quantidade de solução de cloreto de sódio e o tempo a amassar na amassadeira. Utilizaram-se os valores sugeridos por Ammar *et al.* (2000) e Peña (2001): 55 % de hidratação e 12 minutos a amassar na amassadeira.

Foi efetuada a extração de 2 discos que após 20 minutos foram testados. Registou-se a formação do balão por "insuflação" de ar a caudal constante (96 l/h) até à rutura do mesmo.

Sobre a curva resultante da média dos dois discos determinam-se os seguintes parâmetros (**Figura 2.2**):

- **Força (W)** – energia (expressa em  $10^{-4}$  J) necessária para deformar 1g de massa até à sua rutura, nas condições do ensaio.
- **Tenacidade (P)** – pressão máxima necessária à deformação da massa (expressa em mm), que corresponde à resistência que esta oferece à deformação.
- **Extensibilidade (L)** – abcissa à rutura (em mm) que corresponde à elasticidade da massa.
- **Relação de equilíbrio (P/L)** – relação entre a tenacidade e a extensibilidade, que indica de uma forma numérica a configuração da curva.



**Figura 2.2-** Curva alveográfica com a expressão dos principais parâmetros.

### **2.3.11. Ensaio de panificação**

Os ensaios de panificação foram efetuados com a máquina automática (Panasonic SD-206), de acordo com a proposta de Norma Portuguesa 2100 - 3 (2003). Utilizaram-se os ingredientes nas proporções referidas na Norma, com exceção do sal que foi corrigido em função da legislação atual (1,6 %) e da água cuja quantidade foi testada de modo a tentar encontrar a hidratação mais adequada para o ensaio.

Nos ensaios preliminares partiu-se de uma base de 240 mL e posteriormente usou-se uma quantidade de água equivalente a uma consistência de massa de 400 UF no farinógrafo, que segundo a Norma 2100 – 3 (2003), é o valor mais adequado para o ensaio.

Seguiu-se o método básico de panificação, com uma duração de aproximadamente 4 horas, de acordo com as recomendações da Norma 2100 – 3 (2003).

Seguiu-se o método básico de panificação com duração de aproximadamente 4 horas de acordo com as recomendações da Norma 2100 – 3 (2003).

Na **Tabela 2.3** e **Tabela 2.4** apresentam-se as quantidades utilizadas e os tempos do programa.

**Tabela 2.3-** Receita base utilizada no fabrico de pão.

<b>Ingredientes</b>	<b>Quantidade (g)</b>
Água	-
Sal refinado e fino	6,4
Farinha	400,0
Levedura seca instantânea	4,0

**Tabela 2.4-** Tempos utilizados no programa de panificação básico.

<b>Etapa do método</b>	<b>Tempo (min)</b>
Repouso	45
Mistura	20
Levedação	130
Cozedura	50
Total	245

Na **Tabela 2.5** apresentam-se as misturas estudadas que foram definidas com base noutros trabalhos (Boyacioglu e D'Appolonia, 1994b; Hareland e Puhr, 1998).

**Tabela 2.5-** Misturas estudadas no ensaio de panificação.

<b>Misturas</b>	<b>Variedade Trigo Mole</b>	<b>Variedade Trigo Duro</b>	<b>Trigo Mole (%)</b>	<b>Trigo Duro (%)</b>
<b>Mistura A</b>	<b>Almansor</b>	<b>Celta</b>	75	25
<b>Mistura B</b>			40	60
<b>Mistura C</b>		<b>Hélvio</b>	75	25
<b>Mistura D</b>			40	60
<b>Mistura E</b>		<b>Marialva</b>	75	25
<b>Mistura F</b>			40	60
<b>Mistura G</b>	<b>Pirana</b>	<b>Celta</b>	75	25
<b>Mistura H</b>			40	60
<b>Mistura I</b>		<b>Hélvio</b>	75	25
<b>Mistura J</b>			40	60
<b>Mistura L</b>		<b>Marialva</b>	75	25
<b>Mistura M</b>			40	60
<b>Controlo 1</b>	<b>Almansor</b>	<b>-</b>	100	0
<b>Controlo 2</b>	<b>Pirana</b>		100	0
<b>Controlo 3</b>	<b>-</b>	<b>Celta</b>	0	100
<b>Controlo 4</b>		<b>Hélvio</b>	0	100
<b>Controlo 5</b>		<b>Marialva</b>	0	100

Para cada pão, registaram-se os seguintes parâmetros: volume (**Vol**), peso obtido ao fim de uma hora (**Peso**), altura máxima (**Alt**) e altura a que se inicia o arredondamento do pão (**Alt1**), sendo este último valor a média das alturas a que se inicia o arredondamento nas duas extremidades do pão. Também se registaram algumas observações relacionadas com o aspeto geral do pão, da côdea e do alveolado.

O volume do pão foi estimado com base na metodologia proposta na norma: utilizam-se duas caixas de madeira com dimensões de 200x200x150 mm e 300x300x160 mm e sementes de colza que perfazem o volume da primeira. O volume é estimado pelo volume de sementes que se desloca quando se coloca o pão na primeira caixa.

### **2.3.12. Análise Estatística**

O cálculo das médias e desvios padrões dos diferentes parâmetros da qualidade das farinhas e sêmolos foi feito com recurso ao Excel Office 2007;

A análise estatística realizada nos diferentes parâmetros das várias misturas foi feita com recurso ao programa SAS, Versão 8 (SAS Institute, 1999);

A correlação entre os parâmetros (coeficientes de correlação de Pearson e níveis de significância) entre os vários parâmetros de qualidade analisados nas misturas, para identificar os que mais se correlacionavam com os parâmetros de panificação foi feito com recurso ao programa SAS (procedimento CORR);

Para alguns dos parâmetros do alveógrafo e do farinógrafo e os parâmetros de panificação fez-se análise de variância com o SAS (procedimento GLM e somas de quadrados do tipo I). Consideraram-se 3 tratamentos: fonte de trigo mole (Almansor ou Pirana), fonte de trigo duro (Celta, Hélios ou Marialva) e percentagem de trigo duro usada nas misturas (25% ou 60 %). As misturas com a mesma composição constituíram as repetições. Inicialmente consideraram-se nos modelos de análise de variância os 3 tratamentos e depois excluiu-se 1 a 1 dos modelos os que não eram significativos até se obterem os modelos finais;

A comparação de médias das várias classes dentro de cada tratamento foi feito através do teste de Tukey, que atribui diferentes letras às médias que diferem a um nível de significância de 5 %.

### ***3. Resultados e Discussão***

### **3.1. Composição em gluteninas**

A qualidade do trigo mole é influenciada pela sua composição em gluteninas, principalmente em gluteninas de alta massa molecular (HMW-GS). A quantidade e composição destas subunidades são os principais determinantes da viscoelasticidade do glúten, pois têm a capacidade de condicionar o tamanho dos polímeros que constituem o glúten e as suas propriedades agregativas (Popineau *et al.*, 1994; Gupta *et al.*, 1995).

Já para o trigo duro tem sido demonstrado que as gluteninas de baixa massa molecular (LMW-GS), principalmente as controladas pelos genes do *locus Glu-B3* são as que mais influenciam a força do glúten (Payne *et al.*, 1984; Moreno, 2011).

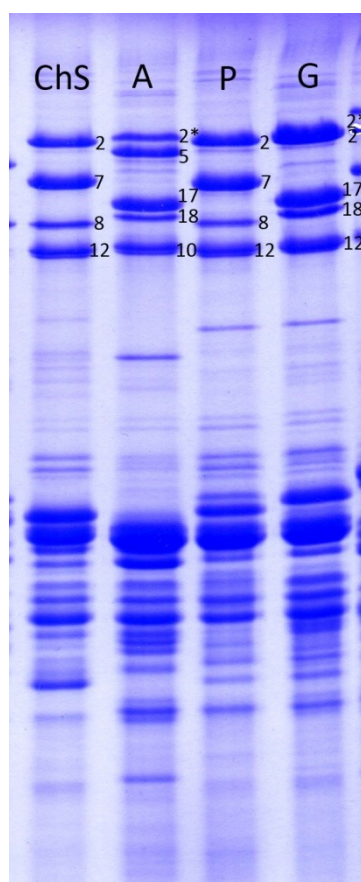
Nas **Tabelas 3.1** e **3.2** apresenta-se a composição em gluteninas HMW-GS e LMW-GS das variedades utilizadas neste estudo e nas **Figuras 3.1** e **3.2** apresentam-se os géis SDS-PAGE com as principais subunidades assinaladas.

**Tabela 3.1-** Composição em gluteninas de alta massa molecular (HMW-GS) das variedades de trigo mole: Almansor, Pirana e de; trigo duro: Celta, Marialva e Hêlvio.

Variedades	<i>Glu-A1</i>	<i>Glu-B1</i>	<i>Glu-D1</i>
<b>Almansor</b>	2*	17+18	5+10
<b>Pirana</b>	Nulo	7+8	2+12
<b>Celta</b>	Nulo	7+8	-
<b>Marialva</b>	Nulo	7+8	-
<b>Hêlvio</b>	Nulo	6+8	-

**Tabela 3.2-** Composição em gluteninas de baixa massa molecular (LMW-GS) das variedades de trigo mole: Almansor, Pirana e de; trigo duro: Celta, Marialva e Hêlvio.

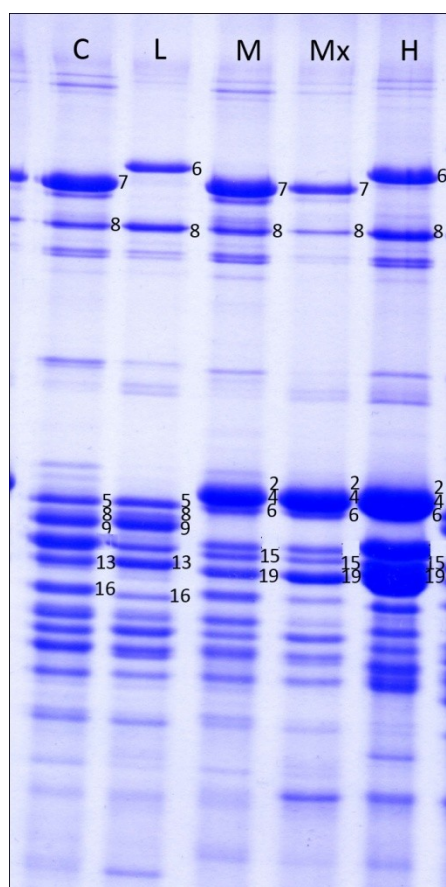
Variedades	<i>Glu-A3</i>	<i>Glu-B3</i>	<i>Glu-D3</i>
<b>Almansor</b>	<i>e</i>	<i>g</i>	<i>a</i>
<b>Pirana</b>	( <i>c</i> )	( <i>b</i> )	( <i>b</i> )
<b>Celta</b>	5	8+9+13+16 ( <i>tipo 1</i> )	-
<b>Marialva</b>	6	2+4+15+19 ( <i>tipo 2</i> )	-
<b>Hêlvio</b>	6	2+4+15+19 ( <i>tipo 2</i> )	-



**Figura 3.1-** Separação das gluteninas dos trigos moles por electroforese em gel SDS-PAGE. Composição nos loci *Glu-A1*, *Glu-B1* e *Glu-D1*: ChS – *Chinese Spring* (nulo, 7+8, 2+12); A – Almansor (2\*, 17+18, 5+10); P – Pirana (nulo, 7+8, 2+12); G – Gabo (2\*, 17+18, 2+12). *Chinese Spring* e Gabo são variedades testemunhas.

Em relação às variedades de trigo mole, é de prever que a variedade Almansor seja de melhor qualidade que a variedade Pirana, pois possui subunidades de gluteninas de alta massa molecular (HMW-GS) de melhor qualidade. A composição do locus *Glu-D1* é normalmente a que mais influencia a força da massa, pois a subunidade 5+10 possui um resíduo de cisteína suplementar que lhe permite estabelecer mais uma ligação intermolecular que a subunidade 2+12 (Bagulho, 2008). No locus *Glu-A1* a presença da subunidade 2\* é também mais favorável que a não existência de qualquer subunidade como acontece na variedade Pirana.

Em trigo mole as gluteninas de baixa massa molecular (LMW-GS) são bastante difíceis de determinar devido à grande sobreposição de bandas nos géis. Na **Tabela 3.2** apresentou-se a composição da variedade Almansor e sugerem-se os alelos mais prováveis para a variedade Pirana.



**Figura 3.2-** Separação das gluteninas dos trigos duros por electroforese em gel SDS-PAGE.

Composição nos *loci Glu-A1, Glu-B1, Glu-A3 e Glu-B3*: C – Celta (nulo, 7+8, 5, 8+9+13+16); L – *Langdon* (nulo, 6+8, 5, 8+9+13+16); M – Marialva (nulo, 7+8, 6, 2+4+15+19); Mx – *Mexicali* (nulo, 7+8, 6, 2+4+15+19); H – Hélvio (nulo, 6+8, 6, 2+4+15+19). *Langdon* e *Mexicali*, são variedades testemunhas.

Em relação às variedades de trigo duro, a sua composição em gluteninas HMW-GS e LMW-GS é muito semelhante, apenas diferindo nos *loci Glu-A3 e Glu-B3* no caso da variedade Celta e no *locus Glu-B1* na variedade Hélvio. Como o *locus Glu-B3* é (segundo o *review* de Liu *et al.*, 1996), o que mais influencia a qualidade, é de prever que a variedade Celta ao possuir as subunidades de gluteninas LMW *tipo 1* - 8+9+13+16 de menor qualidade (Nieto-Taladriz *et al.*, 1997) possua menor força de glúten.



### **3.2. Ensaios prévios e seleção de métodos - Seleção do método de moenda para o trigo duro**

Numa primeira fase testaram-se diferentes procedimentos de moagem do trigo duro, de modo a se obterem várias amostras de granulometria diferente, que foram estudadas quanto ao seu comportamento reológico e influência na panificação. Os diferentes tipos de moagem foram descritos anteriormente em materiais e métodos.

O rendimento da operação e os resultados dos ensaios alveográficos e farinográficos apresentam-se na **Tabela 3.3**. Entende-se por rendimento a quantidade de farinha/sêmola que se obtém por 100 g de grão moído, corrigida para uma base constante de humidade.

**Tabela 3.3-** Rendimento da moenda (Rend), resultados do ensaio alveográfico (P/L - equilíbrio, W - força) e ensaio farinográfico (Ab - absorção de água, TD - tempo de desenvolvimento, Est - estabilidade, Enf - enfraquecimento, IQ - índice de qualidade).

Amostra	Granulometria/ Moinho utilizado	Rend (%)	Alveógrafo		Farinógrafo				
			P/L	W (10 <sup>-4</sup> J)	Ab (%)	TD (min)	Est (min)	Enf (UF)	IQ
<b>1A</b>	< 150 µm CD1 uma passagem	27,8	- *	- *	60,8	5,5	14,0	14	179
<b>1B</b>	< 150 µm CD1 duas passagem	45,8	11,9	118	60,0	6,0	18,4	6	200
<b>1C</b>	< 450 µm CD2	59,4	6,7	176	58,1	6,3	12,3	21	147
<b>1D</b>	280 - 450 µm CD2	22,8	4,9	121	56,1	8,0	18,4	6	200
<b>1E</b>	140 - 280 µm CD2	28,7	5,5	137	57,4	6,7	12,1	14	136

\*Não foi possível determinar os parâmetros alveográficos da curva devido a uma elevadíssima tenacidade da massa.

Analisando a tabela anterior verifica-se que só a moenda do trigo duro no moinho CD1 com duas passagens no lado da redução (amostra 1B), e a moagem no moinho CD2 considerando todos os produtos de granulometria inferior a 450 µm (sêmolos e farinha) (amostra 1C), conduzem a rendimentos aceitáveis de moenda.

A textura do grão está relacionada com a associação entre os grânulos de amido e a matriz proteica (Barlow *et al.*, 1973), tendo um efeito profundo na resistência dos grãos à rutura. Em trigos moles, a força com que os grânulos estão ligados à matriz proteica que os rodeia é variável, mas pode dizer-se que a moagem é mais fácil que a do trigo duro, originando produtos com menor quantidade de amido danificado e partículas menores - farinha. Em trigos duros, o aumento de textura faz com que seja necessária uma maior energia para fraturar os grãos, originando normalmente produtos com partículas maiores – sêmolas. Devido à sua textura extremamente elevada, a técnica usada na moenda do trigo duro tem assim muita influência no teor de amido danificado e nas propriedades reológicas (Dexter *et al.*, 1994).

No ensaio alveográfico, em que é realizado a hidratação constante, seguiu-se o procedimento de referência dos trigos moles para todas as variedades. Como as amostras de trigo duro apresentaram valores de P/L muito elevados, optou-se por fazer pequenas alterações ao método, que foram seguidas ao longo do trabalho.

Dos resultados da **Tabela 3.3** são de destacar as amostras 1A e 1B como as que originaram valores mais desequilibrados de P/L e na primeira amostra nem foi possível registar os valores. Esta situação resultará do teor de amido danificado originado durante a moagem dos trigos duros, que é maior nos processos que originam partículas de menores dimensões (amostras 1A e 1B), de acordo com Boyacioglu e D'Appolonia (1994a).

No ensaio farinográfico, que é realizado a consistência constante, a hidratação das farinhas / sêmolas é adaptada em função da capacidade de absorção de água de cada farinha, compensando-se melhor as necessidades de hidratação de cada farinha. As amostras 1B e 1D foram as que mostraram um melhor comportamento da massa apresentando maiores valores de estabilidade e menores valores de enfraquecimento.

Na **Tabela 3.4** e na **Figura 3.3** apresentam-se os resultados dos ensaios de panificação. Os pães foram efetuados com 50% de trigo mole e 50 % de trigo duro.

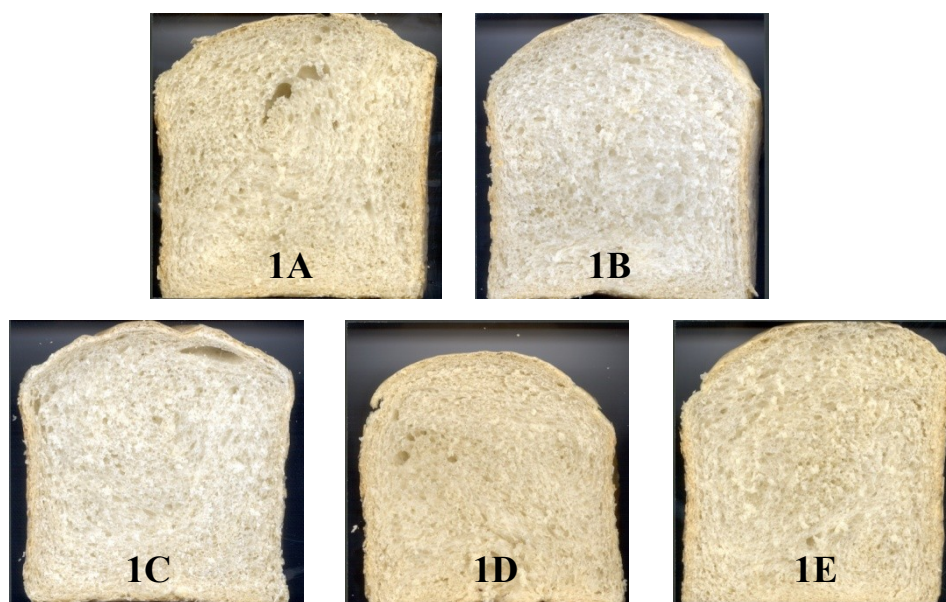
**Tabela 3.4-** Resultados do ensaio de panificação (Peso – peso do pão, Vol – volume do pão, Alt – altura máxima do pão e algumas observações).

Amostra	Granulometria/ Moinho utilizado	Ensaio de Panificação			
		Peso (g)	Vol (mL)	Alt (cm)	Observações
1A	< 150 $\mu$ m CD1 uma passagem	556,3	2189	13,3	Pão com forma aproximadamente regular; alveolado mais amarelo muito irregular
1B	< 150 $\mu$ m CD1 duas passagem	557,9	2157	13,1	Pão com forma regular e mais arredondado em cima; alveolado mais claro e uniforme
1C	< 450 $\mu$ m CD2	551,2	2199	13,2	Pão com forma aproximadamente regular; alveolado mais claro e irregular
1D	280 - 450 $\mu$ m CD2	561,4	1990	12,3	Pão com forma muito irregular; alveolado mais amarelo que não difere muito de 1C em uniformidade e tamanho de poros
1E	140 - 280 $\mu$ m CD2	575,4	2265	13,5	Pão com forma muito irregular; alveolado mais amarelo que não difere muito de 1C e 1D em uniformidade e tamanho de poros

As diferenças mais significativas ocorreram no volume e na altura dos pães, sendo de destacar as amostras 1D e 1E, por originarem os menores e os maiores pães respetivamente, ambos com forma muito irregular. As duas amostras foram obtidas por moagem no moinho CD2, mas correspondem a produtos de diferente granulometria. O maior pão foi obtido com a amostra 1E. Com a amostra 1C obtiveram-se pães de volume intermédio, o que seria de esperar por se tratar de uma amostra composta a partir da mistura das duas anteriores. Aponte-se que Quaglia (1988) e Sissons (2008) consideram que as farinhas / sêmolas de trigo duro mais adequadas para panificação deverão possuir uma granulometria menor, compreendida entre 120-190  $\mu$ m.

Com as amostras 1A e 1B obtiveram-se pães bastante regulares e de volume intermédio, inferior ao da amostra 1E.

Segundo Rao *et al.* (2001), a melhor forma de preparar trigo duro para panificação será na forma de farinha mais grosseira ou sêmola mais fina, que exibem teores de amido danificado mais moderados comparativamente à farinha de trigo duro.



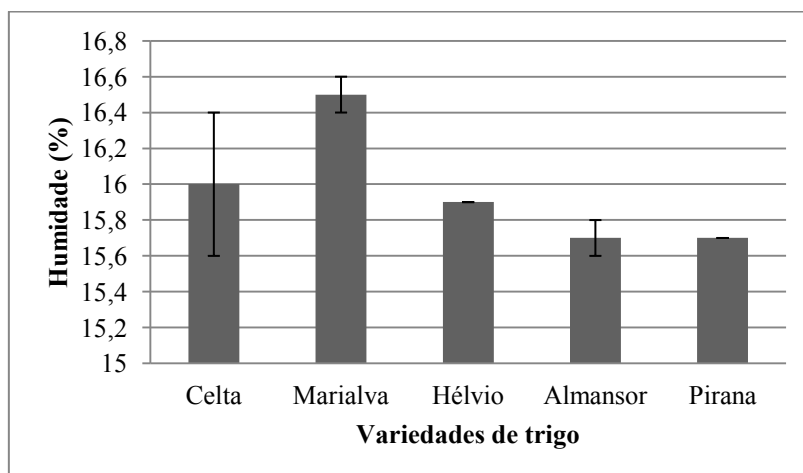
**Figura 3.3-** Comparação dos pães obtidos com 50% de trigo mole (Nabão) e 50 % de trigo duro (Hélvio) utilizando amostras de trigo duro de diferente granulometria (1A, 1B, 1C, 1D, 1E).

Dos resultados obtidos anteriormente, optou-se por preparar as amostras deste estudo no moinho CD2, utilizando-se todas as partículas de granulometria inferior a 450  $\mu\text{m}$  (amostra 1C), pois possui maiores rendimentos de moenda, e ao ser uma moenda menos agressiva gera menores teores de amido danificado que a moenda no moinho CD1.

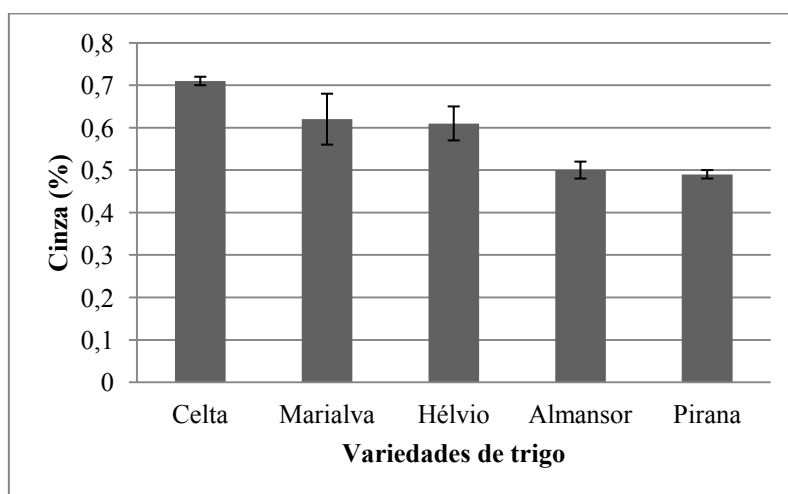
Um pequeno teor de amido danificado de 7-7,5 % (Quaglia, 1988) é desejável para panificação, mas em excesso origina a formação de massas pegajosas (Betge *et al.*, 1995). Esta amostra não foi a que mostrou melhor desempenho reológico e de panificação, mas apresentou sempre valores intermédios próximos dos melhores nas duas situações.

### ***3.3. Caraterização das farinhas/sêmolos das variedades estudadas***

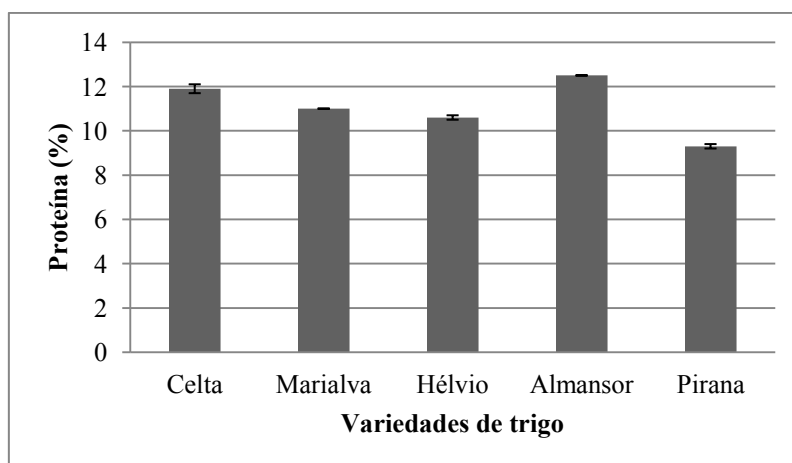
A composição química das farinhas/sêmolos em humidade, cinza e proteína é apresentada nas **Figuras 3.4-3.6**, respetivamente.



**Figura 3.4-** Percentagem de humidade das sêmolas e farinhas das diferentes variedades de trigo: duro (Celta, Marialva e Hêlvio) e mole (Almansor e Pirana) (média  $\pm$  desvio padrão).



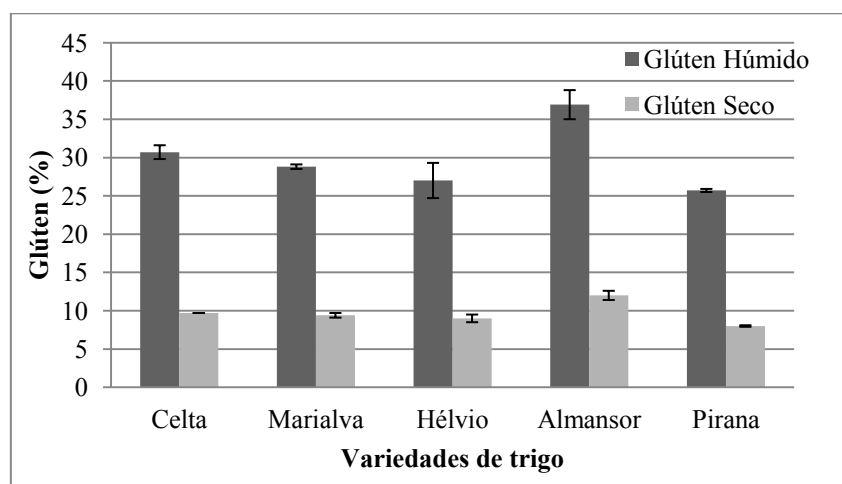
**Figura 3.5-** Percentagem de cinza das sêmolas e farinhas das diferentes variedades de trigo: duro (Celta, Marialva e Hêlvio) e mole (Almansor e Pirana) (média  $\pm$  desvio padrão).



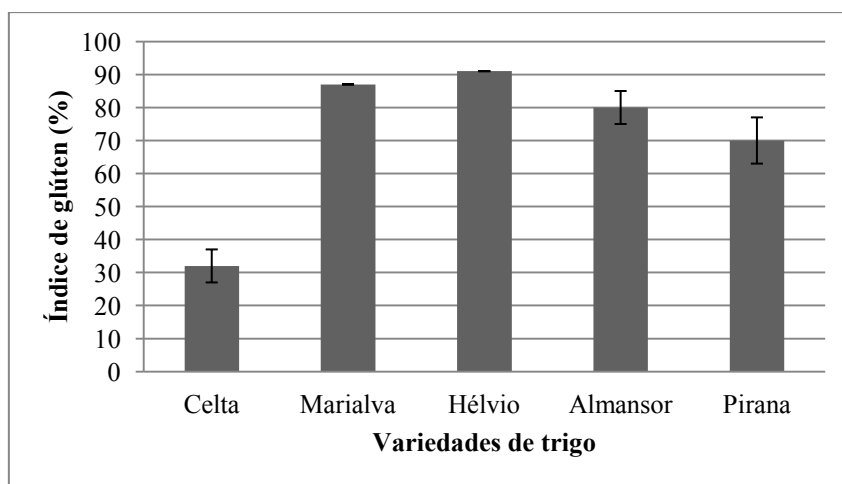
**Figura 3.6-** Percentagem de proteína das sêmolos e farinhas das diferentes variedades de trigo: duro (Celta, Marialva e Hélió) e mole (Almansor e Pirana) (média  $\pm$  desvio padrão).

O teor de água revelou ser semelhante nas cinco variedades estudadas. As sêmolos de trigo duro possuem um teor em cinzas alto mais alto que o das farinhas de trigo mole, o que está de acordo com outros trabalhos (Boyacioglu e D'Appolonia, 1994a, Sarpistein *et al.*, 2007). Em relação ao teor proteico a situação não é tão clara, pois as sêmolos dos trigos duros possuem valores superiores aos da farinha da variedade Pirana, mas o mesmo não se verifica em relação à variedade Almansor. Aponte-se neste contexto que muitos trabalhos, referidos em Boyacioglu e d'Appolonia, (1994a), referem que os trigos duros e as respectivas sêmolos possuem maior teor proteico que os trigos moles e respectivas farinhas.

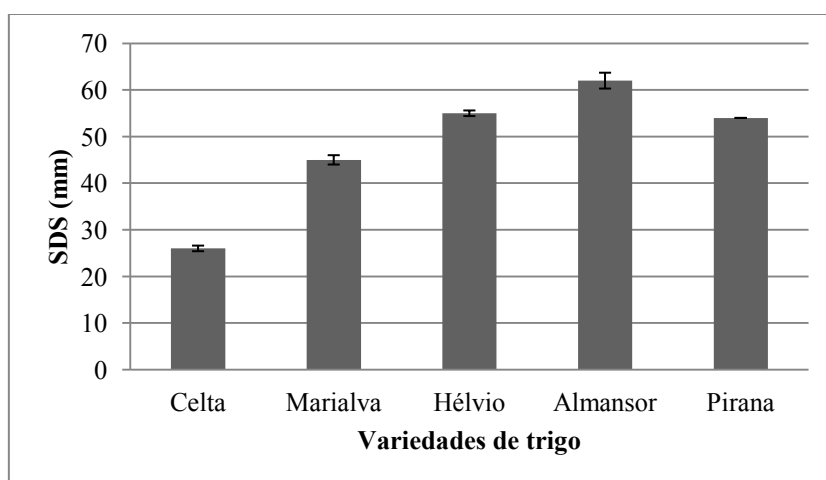
Os resultados relativos ao teor em glúten (húmido, seco e índice de glúten), bem como ao volume de sedimentação SDS são representados nas **Figuras 3.7- 3.9**.



**Figura 3.7-** Percentagem de glúten húmido e glúten seco nas sêmolos e farinhas das diferentes variedades de trigo: duro (Celta, Marialva e Hêlvio) e mole (Almansor e Pirana) (média  $\pm$  desvio padrão).



**Figura 3.8-** Índice de glúten nas sêmolos e farinhas das diferentes variedades de trigo: duro (Celta, Marialva e Hêlvio) e mole (Almansor e Pirana) (média  $\pm$  desvio padrão).

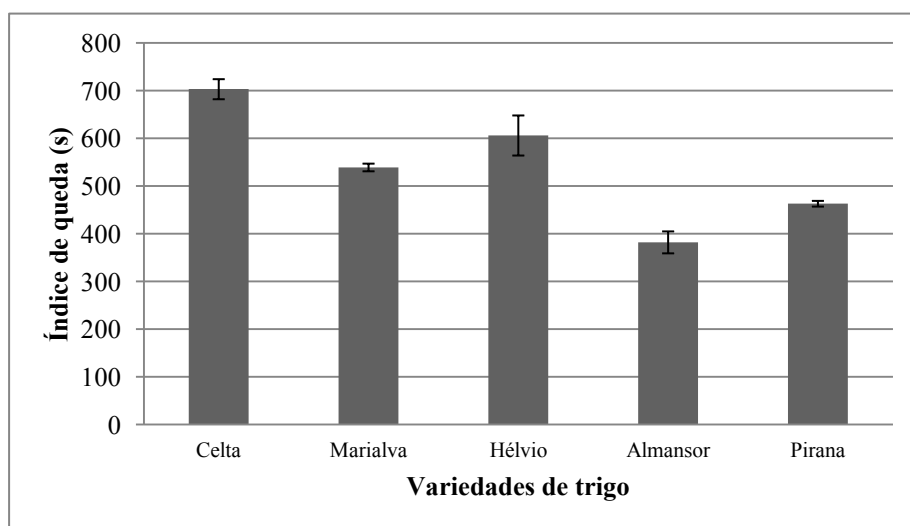


**Figura 3.9-** Volume de sedimentação SDS das sêmolos e farinhas das diferentes variedades de trigo: duro (Celta, Marialva e Hêlvio) e mole (Almansor e Pirana) (média  $\pm$  desvio padrão).

Os teores em glúten húmido e seco comportam-se como o teor proteico, uma vez que estes parâmetros estão muito relacionados.

O índice de glúten e o volume de sedimentação SDS, que são testes indiretos indicadores do comportamento do glúten, deram resultados diferentes quando comparamos as cinco farinhas / sêmolos conjuntamente, talvez devido a outros fatores que possam influenciar indiretamente estes testes. Apesar disso, mostram que, em relação aos trigos moles a variedade Almensor origina um glúten de maior força que a variedade Pirana. Nos trigos duros a variedade Celta destaca-se por ter valores de volume de sedimentação SDS e índice de glúten bastante inferiores, o que está de acordo com a sua composição em gluteninas LMW-GS, determinadas anteriormente.

Na **Figura 3.10** representam-se os valores de índice de queda. Verifica-se que os trigos duros possuem maiores valores que os trigos moles, o que representa uma menor atividade da enzima  $\alpha$ -amilase, necessária para desdobrar o amido na fermentação do pão. Boyacioglu e D'Appolonia (1994a) obtiveram também valores bastante altos para o trigo duro, mas referem que estes podem, adicionalmente, estar relacionados com as condições de condução da cultura (climas quentes e condições de sequeiro).

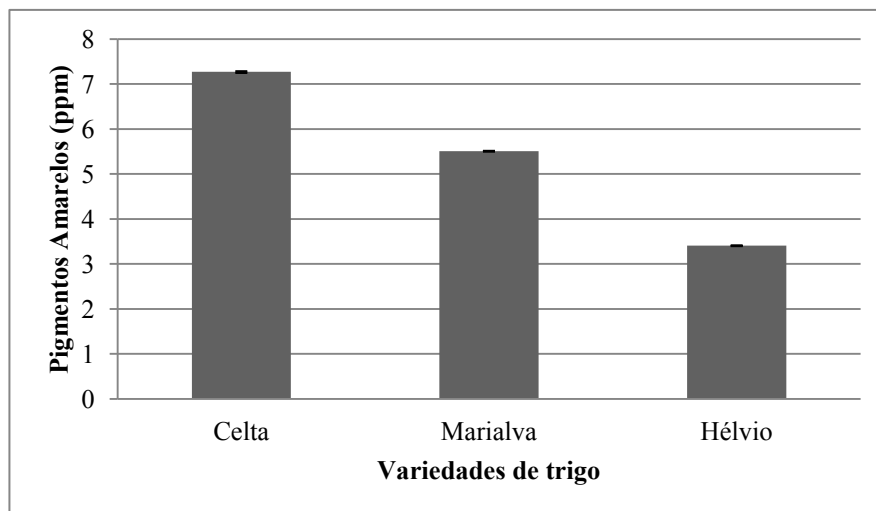


**Figura 3.10-** Índice de queda nas sêmolos e farinhas das diferentes variedades de trigo: duro (Celta, Marialva e Hêlvio) e mole (Almensor e Pirana) (média  $\pm$  desvio padrão).

Relativamente à cor (**Figura 3.11**) sabe-se que é influenciada por diversos fatores dos quais a presença de pigmentos carotenoides é o mais importante (He *et al.*, 2009). A cor é uma das principais vantagens da utilização de trigo duro em panificação, pelo que apenas foi



determinada nas amostras de trigo duro. Verifica-se que a variedade Celta possui um teor em pigmentos amarelos superior às restantes variedades de trigo duro.



**Figura 3.11-** Teor em pigmentos amarelos das sêmolas e farinhas das diferentes variedades de trigo: duro (Celta, Marialva e Hêlvio) e mole (Almensor e Pirana) (média  $\pm$  desvio padrão).

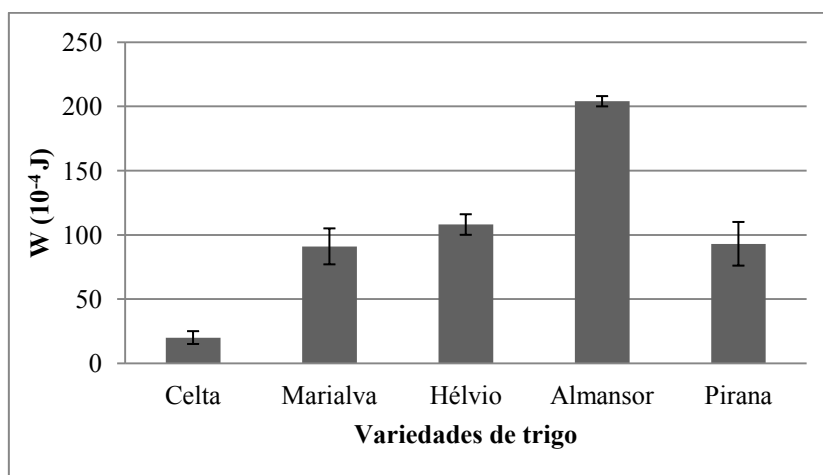
Nas **Tabelas 3.5 e 3.6** e nas **Figuras 3.12 e 3.13** apresentam-se os valores de rendimento em farinha / sêmolas e os parâmetros reológicos do alveógrafo e farinógrafo. Os rendimentos obtidos são baixos por se tratar de moinhos laboratoriais, sendo de destacar o valor muito baixo da variedade Almensor.

**Tabela 3.5-** Rendimento em farinha/sêmolas (Rend) e resultados do ensaio alveográfico (P-tenacidade, L- extensibilidade, P/L – relação de equilíbrio, W- força) (média  $\pm$  desvio padrão).

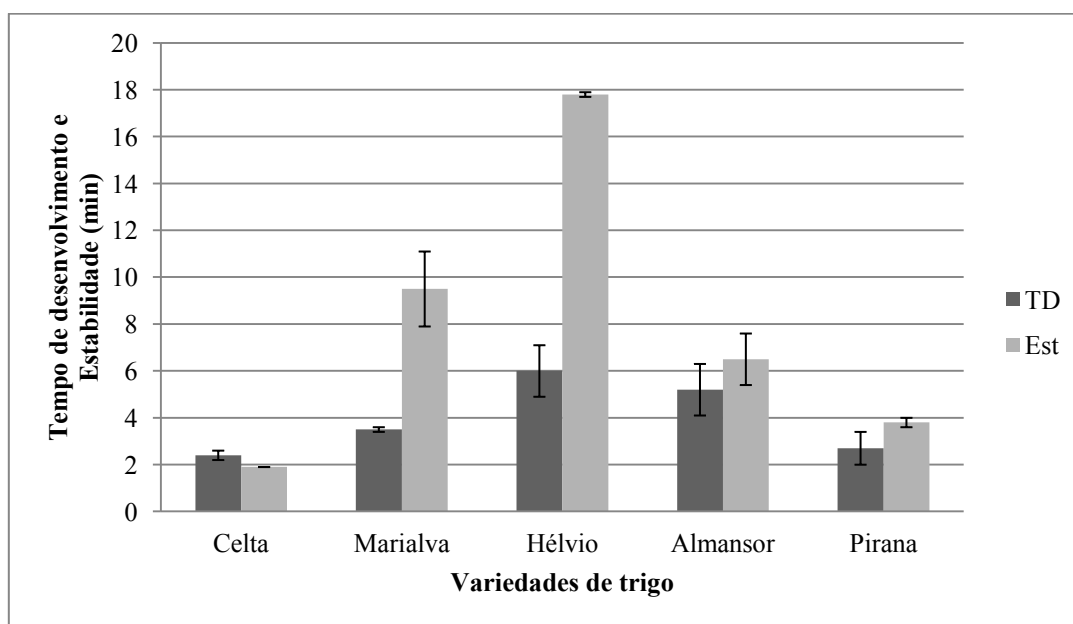
Variedades	Rend (%)	P (mm)	L (mm)	P/L	W ( $10^{-4}$ J)
Almensor	41,9 $\pm$ 0,8	74 $\pm$ 4	70 $\pm$ 5	1,1 $\pm$ 0,1	204 $\pm$ 4
Pirana	49,1 $\pm$ 0,3	48 $\pm$ 1	56 $\pm$ 16	0,9 $\pm$ 0,3	93 $\pm$ 17
Celta	52,7 $\pm$ 0,3	37 $\pm$ 5	9 $\pm$ 1	3,9 $\pm$ 0,4	20 $\pm$ 5
Marialva	55,0 $\pm$ 0,3	72 $\pm$ 4	25 $\pm$ 5	3,0 $\pm$ 0,4	91 $\pm$ 14
Hêlvio	53,7 $\pm$ 0,9	115 $\pm$ 10	17 $\pm$ 1	6,7 $\pm$ 0,1	108 $\pm$ 8

**Tabela 3.6-** Resultados do ensaio farinográfico (Ab- absorção, TD- tempo de desenvolvimento, Est- estabilidade, Enf- grau de enfraquecimento, IQ- número de qualidade) (média  $\pm$  desvio padrão).

Variedades	Ab (%)	TD (min)	Est (min)	Enf (UF)	IQ (mm)
<b>Almensor</b>	65,1 $\pm$ 0,4	5,2 $\pm$ 1,1	6,5 $\pm$ 1,1	41,5 $\pm$ 12,0	90 $\pm$ 1
<b>Pirana</b>	58,2 $\pm$ 0,6	2,7 $\pm$ 0,7	3,8 $\pm$ 0,2	61,0 $\pm$ 1,4	40 $\pm$ 2
<b>Celta</b>	58,2 $\pm$ 0,6	2,4 $\pm$ 0,2	1,9 $\pm$ 0,0	95,5 $\pm$ 13,4	37 $\pm$ 3
<b>Marialva</b>	58,2 $\pm$ 0,4	3,5 $\pm$ 0,1	9,5 $\pm$ 1,6	20,5 $\pm$ 4,9	140 $\pm$ 23
<b>Hélvio</b>	57,8 $\pm$ 0,1	6,0 $\pm$ 1,1	17,8 $\pm$ 0,1	9,5 $\pm$ 0,7	200 $\pm$ 0



**Figura 3.12-** Força da massa das diferentes variedades de trigo determinada pelo alveógrafo: trigo duro (Celta, Marialva e Hélvio) e trigo mole (Almensor e Pirana) (média  $\pm$  desvio padrão).



**Figura 3.13-** Tempo de desenvolvimento e estabilidade da massa das diferentes variedades de trigo determinados pelo farinógrafo: trigo duro (Celta, Marialva e Hêlvio) e trigo mole (Almansor e Pirana) (média  $\pm$  desvio padrão).

Os resultados do alveógrafo mostram que a variedade Almansor é um trigo panificável corrente, enquanto que a variedade Pirana é um trigo de baixa qualidade, pois possui um valor de força reduzido ( $W < 100 \times 10^{-4}$  J). Estes resultados são confirmados pelos valores do farinógrafo, pois as massas formadas com a variedade Pirana têm um grau de enfraquecimento mais alto e menor estabilidade relativamente às massas da variedade Almansor (Brites *et al.*, 2002; Foca *et al.*, 2007).

Em relação aos trigos duros verifica-se que no ensaio alveográfico, as variedades Marialva e Hêlvio têm valores de força semelhantes entre si e em relação aos da variedade de trigo mole Pirana e que a variedade Celta é muito fraca ( $W = 20 \times 10^{-4}$  J). Os valores de P/L das três variedades de trigo duro são muito desequilibrados ( $P/L > 3$ ) o que mostra que as massas obtidas a partir das sêmolas de trigo duro são muito tenazes e pouco elásticas. Os resultados do farinógrafo confirmam o que se disse em relação à variedade Celta, esta originou massas muito fracas. Os resultados do farinógrafo distinguem ainda as variedades Marialva e Hêlvio que possuem melhores valores de estabilidade e enfraquecimento que os dois trigos moles deste trabalho.

A diferença encontrada nos resultados do alveógrafo e farinógrafo deveu-se ao tratamento de cada teste pois avaliam a massa de modo diferente: o farinógrafo avalia o comportamento da massa ao longo da mistura da farinha com a água; o alveógrafo estuda a

elasticidade da massa quando se lhe aplica um esforço. No farinógrafo as farinhas/sêmolas são hidratadas com uma quantidade de água adequada a cada trigo, de modo a se obter a mesma consistência de massa, contrariamente ao ensaio alveográfico que é realizado a hidratação constante (Bagulho, 2008).

Os farinogramas e os alveogramas para as variedades estudadas são apresentados no Anexo A.

### ***3.4. Caraterização das misturas das farinhas de trigo mole com as sêmolas de trigo duro***

As misturas das farinhas de trigo mole e sêmolas de trigo duro, obtidas a partir das diferentes variedades foram estudadas no alveógrafo e farinógrafo para compreender o que se vai alterando em termos de comportamento da massa, quando se adiciona trigo duro. Posteriormente foram efetuados ensaios de panificação com as mesmas misturas.

Numa primeira fase determinaram-se os parâmetros reológicos que mais se correlacionaram com os parâmetros de panificação (peso do pão, volume do pão, altura total e altura de arredondamento) optando-se por analisar mais pormenorizadamente estes parâmetros nos próximos capítulos. Os resultados médios do alveógrafo, farinógrafo e ensaio de panificação obtidos para as várias misturas de farinhas de trigo mole e sêmolas de trigo duro são apresentados no Anexo B.

### 3.5. Estudo da relação entre os parâmetros de qualidade

De forma a compreender melhor os parâmetros de qualidade que mais interferiam no comportamento da massa realizou-se uma matriz de correlação de Pearson (Tabela 3.7).

**Tabela 3.7-** Matriz de coeficientes de correlação de Pearson para os parâmetros dos ensaios reológicos e de panificação.

	Peso	Vol	Alt	Alt 1	P	L	W	Ab	TD	Est	Enf	IQ
Peso	1,00											
Vol	0,60*	1,00										
Alt	0,60*	0,97***	1,00									
Alt 1	0,50*	0,87***	0,75***	1,00								
P	0,11	0,26	0,34	0,05	1,00							
L	0,36	0,68**	0,67**	0,54*	-0,24	1,00						
W	0,46	0,89***	0,90***	0,64**	0,52*	0,60*	1,00					
Ab	0,38	0,73***	0,59*	0,87***	0,20	0,40	0,66**	1,00				
TD	0,17	0,64**	0,65*	0,51*	0,59*	0,22	0,71**	0,53*	1,00			
Est	0,04	0,24	0,36	0,00	0,91***	-0,20	0,46	0,04	0,69**	1,00		
Enf	-0,30	-0,51*	-0,60*	-0,26	-0,80***	-0,01	-0,63**	-0,26	-0,77***	-0,88***	1,00	
IQ	0,07	0,31	0,41	0,10	0,91***	-0,19	0,49*	0,13	0,70**	0,98***	-0,91***	1,00

\* p<0,05; \*\* p<0,01; \*\*\* p<0,001

Analisando as correlações entre as características físicas do pão (**Tabela 3.7**), constata-se que o peso do pão é a característica que menos se relaciona com as restantes características estudadas: apenas se correlaciona positivamente ( $p \leq 0,05$ ) com: volume (Vol), altura (Alt) e altura de arredondamento (Alt1).

O volume, a altura e a altura de arredondamento apresentam correlações positivas muito significativas ( $p \leq 0,001$ ) entre si, com coeficientes de correlação consideravelmente elevados, sendo de destacar a forte relação entre o volume do pão e a altura, como seria expectável.

Relativamente aos parâmetros do alveógrafo de Chopin, verifica-se que a força da massa (W) se correlaciona positivamente ( $p \leq 0,05$ ), tanto com a tenacidade (P), como com a extensibilidade (L). Não foi encontrada relação entre a tenacidade (P) e a extensibilidade (L). Resultados que estão de acordo com Marchylo *et al.* (2001), os quais num estudo realizado ao longo de 3 anos, com 54 variedades de trigo duro, encontraram correlações positivas significativas entre a força, tenacidade e extensibilidade. Contrariamente Ammar *et al.* (2000), num estudo utilizando 27 genótipos de trigo duro e 5 genótipos de trigo mole, não obtiveram correlação significativa entre a força e a extensibilidade.

Quanto às correlações entre os parâmetros do farinógrafo de Brabender é possível observar que a absorção de água (Ab) apenas se relaciona positivamente ( $p \leq 0,05$ ) com o tempo de desenvolvimento (TD). Os restantes parâmetros estão intimamente relacionados: o tempo de desenvolvimento (TD) correlaciona-se positivamente ( $p \leq 0,01$ ) com a estabilidade (Est) e com o número de qualidade (IQ) e negativamente de modo, mais significativo, com o enfraquecimento (Enf) ( $p \leq 0,001$ ). A estabilidade da massa (Est) relaciona-se negativamente e de modo muito significativo ( $p \leq 0,001$ ) com o enfraquecimento (Enf) e com o número de qualidade (IQ) (positivamente). Por último, o enfraquecimento (Enf) varia em razão inversa com o número de qualidade (IQ) ( $p \leq 0,001$ ). No estudo de Marchylo *et al.* (2001), realizado com variedades de trigo duro foram também encontradas correlações positivas significativas entre a absorção de água, o tempo de desenvolvimento e a estabilidade do farinógrafo.

Comparando os dois testes reológicos, é possível verificar que a tenacidade (P) e a força (W) estão muito correlacionadas com os parâmetros do farinógrafo: a tenacidade correlaciona-se positivamente com o tempo de desenvolvimento (TD) ( $p \leq 0,05$ ), com a estabilidade (Est) ( $p \leq 0,001$ ) e com o número de qualidade (IQ) ( $p \leq 0,001$ ) e negativamente com o enfraquecimento (Enf) ( $p \leq 0,001$ ); a força da massa (W) relaciona-se positivamente com a absorção de água (Ab) ( $p \leq 0,01$ ), com o tempo de desenvolvimento (TD) ( $p \leq 0,01$ ), com o número de qualidade (IQ) ( $p \leq 0,05$ ) e negativamente com o enfraquecimento (Enf) ( $p \leq 0,01$ ).

Estes resultados estão de acordo com os de Marchylo *et al.* (2001), os quais num estudo com variedades de trigo duro constataram que os três parâmetros do farinógrafo estudados (absorção de água, tempo de desenvolvimento e estabilidade) se correlacionavam positivamente com a força e com a razão P/L do alveógrafo.

É interessante verificar que todas as características físicas do pão, exceto o peso, estão correlacionadas com os parâmetros dos ensaios reológicos, principalmente com os do alveógrafo (**Tabela 3.7**). O volume do pão (Vol) está correlacionado positivamente com a força (W) ( $p \leq 0,001$ ), a absorção de água (Ab) ( $p \leq 0,001$ ), a extensibilidade (L) ( $p \leq 0,01$ ) e o tempo de desenvolvimento (TD) ( $p \leq 0,01$ ). Verifica-se ainda que está correlacionado negativamente com o enfraquecimento, embora de modo menos significativo ( $p \leq 0,05$ ).

Marchylo *et al.* (2001), que em variedades de trigo duro, observaram que o volume do pão se correlacionou positivamente com a força do alveógrafo e com o tempo de desenvolvimento do farinógrafo. Estes autores não encontraram uma relação entre o volume do pão e a estabilidade do farinógrafo. Em concordância, Ammar *et al.* (2000), constataram que o volume final do pão foi o parâmetro que mais se correlacionou, de forma significativa, com a extensibilidade determinada pelo alveógrafo ( $p \leq 0,0001$ ), não tendo, no entanto, encontrado relação significativa com a força contrariamente ao que se observou no presente estudo (**Tabela 3.7**).

Por outro lado, segundo Boggini e Pogna (1989), o volume do pão além de estar estreitamente relacionado com o tempo de desenvolvimento, também está correlacionado com a estabilidade. Contudo, neste estudo, este último aspeto não se verificou, provavelmente por se tratar de variedades diferentes, com capacidades de panificação igualmente diferentes.

Foi possível constatar ainda que a altura (Alt) se relaciona positivamente de forma mais significativa com a força da massa (W) ( $p \leq 0,001$ ) e com a extensibilidade (L) ( $p \leq 0,01$ ), e de modo menos significativo ( $p \leq 0,05$ ), com a absorção de água, tempo de desenvolvimento negativamente com o enfraquecimento (**Tabela 3.7**).

A altura de arredondamento (Alt1) correlacionou-se positivamente com maior significância com a absorção de água (Ab) ( $p \leq 0,001$ ) e a força (W) ( $p \leq 0,01$ ) e com menor significância ( $p \leq 0,05$ ) com a extensibilidade (L) e o tempo de desenvolvimento (TD).

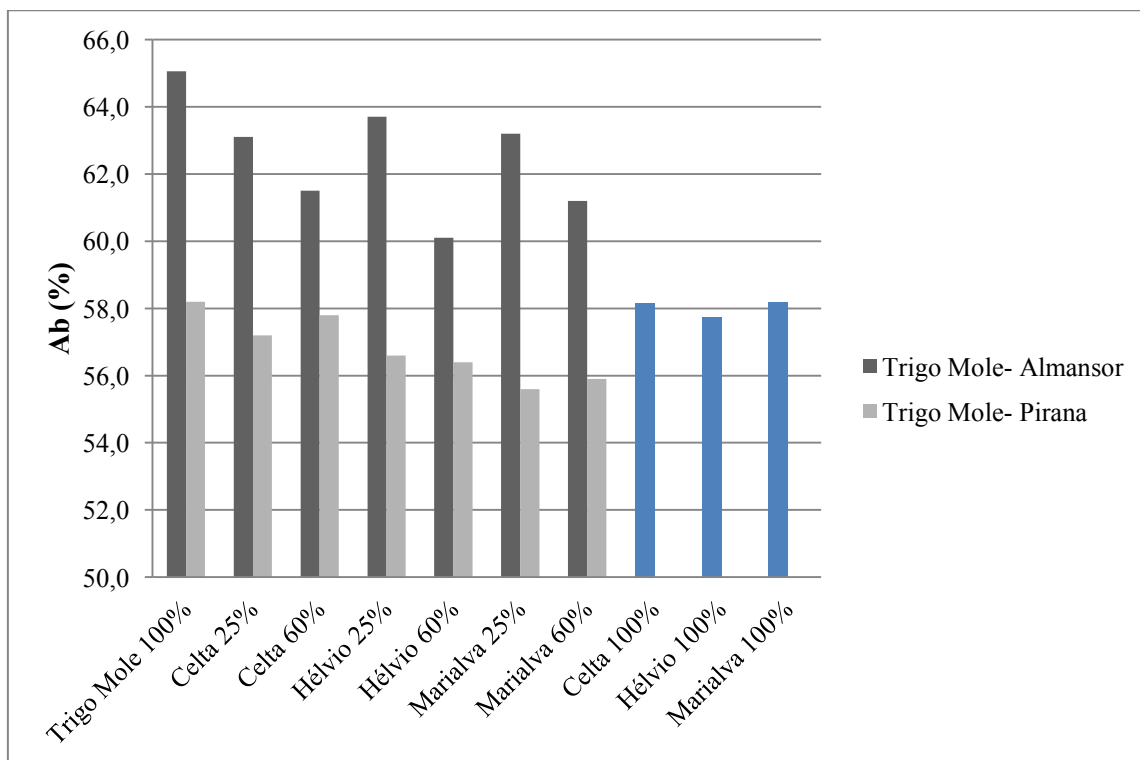
Consideram-se assim os parâmetros capacidade de absorção de água (Ab), tempo de desenvolvimento (TD) e enfraquecimento (Enf) do farinógrafo, força (W) e extensibilidade (L)

do alveógrafo como os mais adequados para tentar aferir o diferente comportamento reológico das misturas de trigo mole e trigo duro.

### **3.6. Estudo de parâmetros do farinógrafo**

#### **3.6.1. Capacidade de absorção de água**

Na **Figura 3.14** apresentam-se os valores de capacidade de absorção de água das farinhas de trigo mole (Trigo mole 100 % - Almansor ou Pirana), das sêmolas de trigo duro (Celta 100 %, Hêlvio 100 % e Marialva 100 %) e das misturas entre ambas contendo 25 % ou 60 % de sêmolas.



**Figura 3.14-** Absorção de água ou hidratação da massa das diferentes misturas e controlos.

Verificou-se que a capacidade de absorção de água da variedade Almansor é muito superior à da variedade Pirana e dos trigos duros. Estes resultados que estão de acordo estudo de Boyacioglu e D'Appolonia (1994a), os quais observaram que a absorção de água foi superior em farinhas de trigo mole (58,4-65,4%), relativamente a algumas



sêmolas de trigo duro (55,6-68,4%). Contudo, seria espectável o contrário pois o trigo duro é mais difícil de moer do que o trigo mole, pelo que as sêmolas sofrem um maior desgaste no processo de moagem e geram maior quantidade de amido danificado (Saperstein *et al.*, 2007; Sissons, 2008). No presente estudo utilizaram-se sêmolas mais grossas (partículas <450 µm) do que as referidas em Sissons (2008) (120 – 190 µm) o que pode estar na origem das diferenças encontradas. Esta hipótese é sustentada por Boyacioglu e D'Appolonia (1994a) que referem que diferentes granulometrias originam diferentes capacidades de absorção de água. Já Bushuk (1966) defende que a absorção de água depende, sobretudo, de 4 fatores principais: granulometria, teor de amido danificado, teor proteico e, teor em pentosanas.

Apesar de se terem utilizado sêmolas mais grossas, as percentagens de absorção de água das massas com 100% de trigo duro (57,8 - 58,2%) são muito semelhantes às obtidas por Rao *et al.* (2001), em que se estudaram 6 variedades diferentes de trigo duro, tendo variado as suas respetivas percentagens entre 55,0 - 57,9%.

Em relação às misturas que envolvem a variedade Almansor, verificou-se que estas possuíam valores mais altos que as que envolvem a variedade Pirana e intermédios aos da capacidade de absorção da farinha de Almansor e das sêmolas dos vários trigos duros puras. Nestas misturas, a absorção de água foi sempre superior nas massas com 25% de trigo duro (Celta, Hêlvio e Marialva), comparativamente às nas massas com 60% de trigo duro. O mesmo não aconteceu com as misturas que envolveram a variedade Pirana. Nestas misturas observou-se uma diminuição da capacidade de absorção de água relativamente às farinhas e sêmolas puras.

O modelo final da análise de variância realizada aos valores de capacidade de absorção de água das misturas de trigo mole e duro apresenta-se na **Tabela 3.8** com os fatores que contribuíram significativamente para a explicação da variação deste parâmetro. Verificou-se que apenas a variedade de trigo mole afetou significativamente a absorção das misturas, explicando cerca de 87% ( $r^2 = 0,874498$ ) sua variação. A variedade de trigo duro e a percentagem deste trigo nas misturas não contribuíram significativamente para a explicação das diferenças encontradas nos resultados.

Através do teste de Tukey para comparação de médias (**Tabela 3.9**), confirmou-se que absorção de água das misturas contendo Almansor foi significativamente superior à das misturas contendo Pirana, tal como se tinha referido anteriormente.

**Tabela 3.8-** Modelo de análise de variância da capacidade de absorção de água das misturas estudadas.

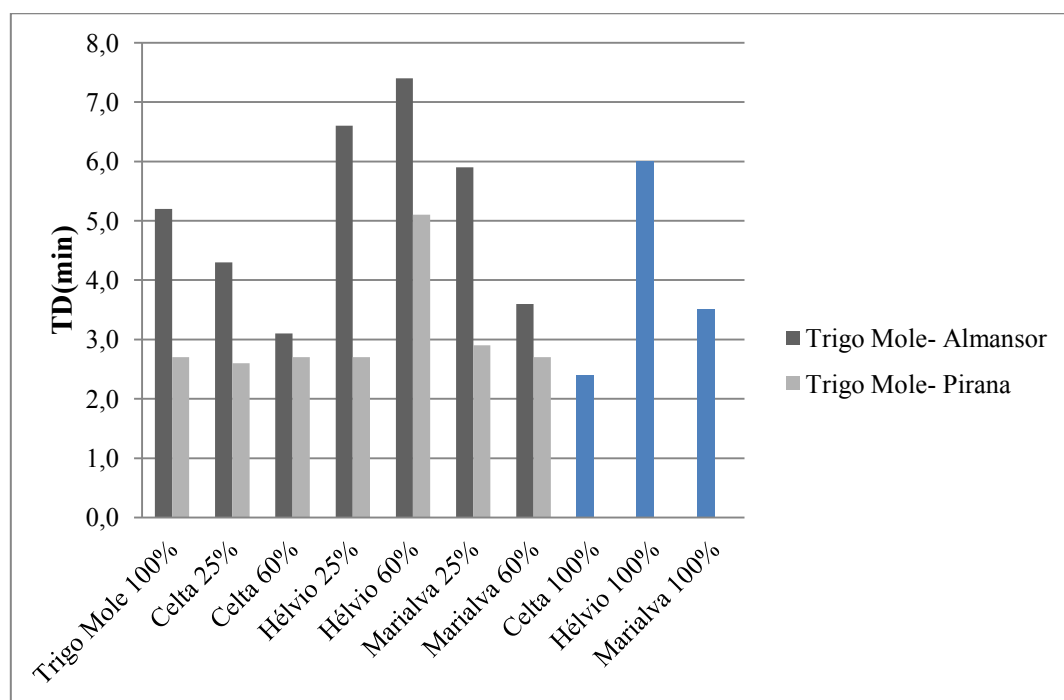
Fonte	g.l.	Soma de quadrados	F	Pr>F
Modelo	1	92,4	69,68	<,0001
Trigo Mole	1	92,4	69,68	<,0001
Residual	10	13,3		
Total	11	105,7		

**Tabela 3.9-** Comparação de médias (Teste de Tukey) da capacidade de absorção de água das misturas em função da variedade de trigo mole.

Variedade Trigo Mole	Nº de Amostras	Média	Teste de Tukey
Almensor	6	62,1	a
Pirana	6	56,6	b

### **3.6.2. Tempo de desenvolvimento**

Na **Figura 3.15** apresentam-se os valores do tempo de desenvolvimento das massas obtidas a partir das farinhas de trigo mole, das sêmolas de trigo duro e das misturas entre ambas contendo 25 % ou 60 % de sêmolas.



**Figura 3.15-** Tempo de desenvolvimento da massa em função das diferentes misturas e controles.

O tempo de desenvolvimento é um indicador da qualidade proteica: farinhas fracas requerem menos tempo de desenvolvimento que farinhas mais fortes. Portanto, pode afirmar-se que a comparação dos tempos de desenvolvimento indica força relativa das farinhas (Boyacioglu e D'Appolonia, 1994a). Segundo Torbica *et al.* (2011) as sêmolas do trigo duro contêm uma elevada quantidade de proteínas de boa qualidade.

Nas massas obtidas apenas com as farinhas de trigo mole, a variedade Almansor possuiu tempos de desenvolvimento superiores aos da variedade Pirana, por ser de melhor qualidade. Nas sêmolas dos trigos duros os valores são muito diferentes entre si, sendo de destacar a variedade Hêlvio, que originou massas com tempos de desenvolvimento superiores a todas as outras variedades. Os tempos de desenvolvimento das variedades Celta e Marialva (2,4 e 3,5 minutos, respetivamente) são muito concordantes com algumas das variedades de trigo duro que Rao *et al.* (2001) estudaram, cujos tempos de desenvolvimento variaram entre 2 - 4,25 minutos. Boyacioglu e D'Appolonia (1994a), que referem que as sêmolas de trigo duro requerem um curto-médio tempo de desenvolvimento, enquanto as farinhas de trigo mole requerem um médio-longo tempo de desenvolvimento.

A composição em gluteninas pode estar na origem do comportamento diferente da variedade Hélió. As variedades Hélió e Marialva possuem a mesma composição em gluteninas LMW do *Glu-B3* que são as mais importantes para a qualidade, e só diferem na composição em gluteninas do *Glu-B1*: Hélió tem 6+8 e Marialva 7+8. Segundo Peña (2000), num estudo que realizou com 192 linhas avançadas e variedades de trigo duro, as gluteninas do *Glu-B1* 6+8 mostraram ter maior força do glúten, enquanto a força da massa apresentou valores intermédios nas variedades que contêm as gluteninas 7+8 ou 13+16. Contrariamente, Palumbo *et al* (2000), afirmaram que as gluteninas HMW 7+8 e as gluteninas LMW tipo 2 (2+4+15+19) revelam melhor efeito na panificação.

Nas misturas, os maiores tempos de desenvolvimento verificaram-se nas massas contendo Almansor e Hélió (em ambas as percentagens), inclusive superiores ao tempo registado apenas pela massa feita com 100% de trigo mole Almansor ou com 100% de Hélió. A mistura de Marialva com Almansor na proporção de 25 % também melhorou o tempo de desenvolvimento da massa em relação aos tempos obtidos com 100% de Almansor ou Marialva (**Figura 3.15**).

As misturas contendo Pirana apresentaram tempos de desenvolvimento semelhantes entre si e muito próximos ao da massa feita com 100% de Pirana, à exceção da mistura com Hélió a 60%.

Note-se contudo que Boyacioglu e D'Appolonia (1994b) verificaram que a incorporação de sêmola diminuiu ligeiramente o teor proteico mas diminuiu significativamente o tempo de desenvolvimento.

Da análise de variância efetuada aos valores de tempo de desenvolvimento da massa das misturas de trigo mole e duro (**Tabela 3.10**), verificou-se que efetivamente os dois fatores variedade de trigo mole e variedade de trigo duro contribuíram significativamente para a explicação da variação deste parâmetro. A variação do tempo de desenvolvimento da massa nas misturas é justificada em aproximadamente 73% ( $r^2 = 0,729986$ ) por um modelo que considera duas fontes de variação: trigo mole e trigo duro. O trigo mole surge como o fator mais significativo ( $p \leq 0,01$ ) do que o trigo duro ( $p \leq 0,05$ ).

**Tabela 3.10-** Modelo de análise de variância do tempo de desenvolvimento das misturas estudadas.

Fonte	g.l.	Soma de quadrados	F	Pr>F
<b>Modelo</b>	3	23,5	7,21	0,0116
<b>Trigo Mole</b>	1	12,4	11,40	0,0097
<b>Trigo Duro</b>	2	11,1	5,11	0,0371
<b>Residual</b>	8	8,7		
<b>Total</b>	11	32,2		

Segundo o teste de Tukey (**Tabela 3.11**) o tempo de desenvolvimento das massas que continham Almansor é significativamente superior ao das massas que continham a outra variedade de trigo mole (Pirana). O mesmo teste permitiu diferenciar os tempos de desenvolvimento das massas com Celta e com Hêlvio. Os tempos de desenvolvimento das misturas com Marialva não foram significativamente diferentes dos das outras variedades de trigo duro (**Tabela 3.12**).

**Tabela 3.11-** Comparação de médias (Teste de Tukey) do tempo de desenvolvimento das misturas em função da variedade de trigo mole.

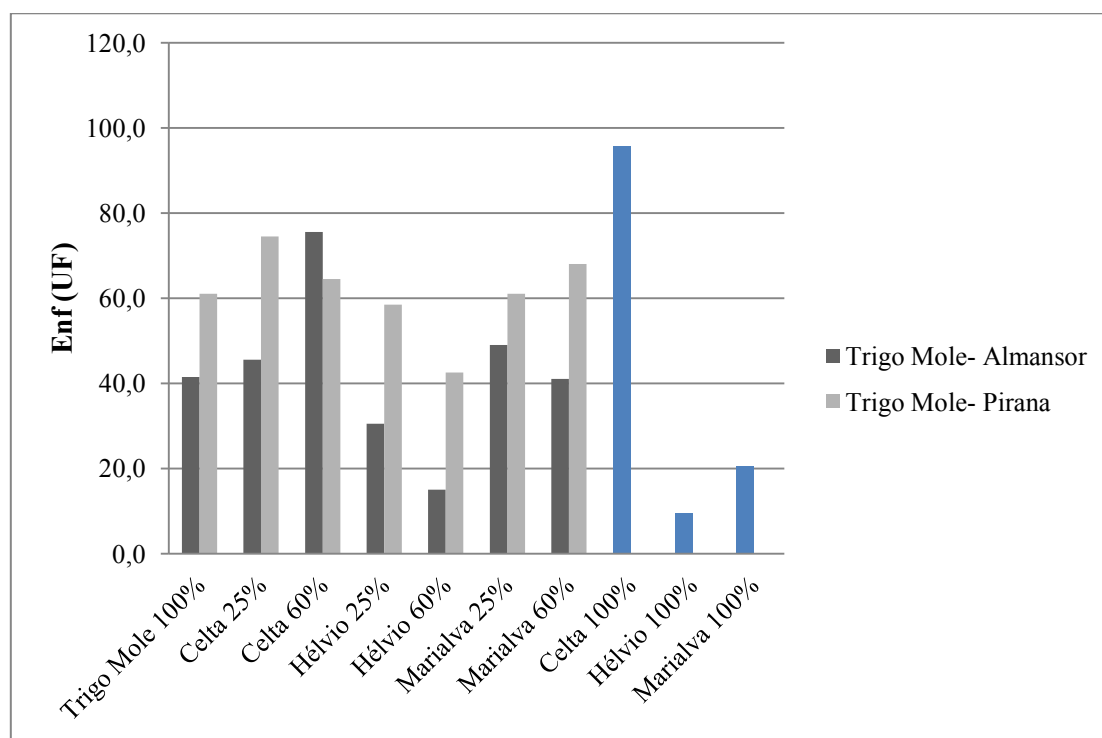
Variedade Trigo Mole	Nº de Amostras	Média	Teste de Tukey
<b>Almansor</b>	6	5,2	a
<b>Pirana</b>	6	3,1	b

**Tabela 3.12-** Comparação de médias (Teste de Tukey) do tempo de desenvolvimento das misturas em função da variedade de trigo duro.

Variedade Trigo Duro	Nº de Amostras	Média	Teste de Tukey
<b>Hêlvio</b>	4	5,5	a
<b>Marialva</b>	4	3,8	ab
<b>Celta</b>	4	3,2	b

### **3.6.3. Grau de enfraquecimento**

Na **Figura 3.16** apresentam-se os valores de enfraquecimento das massas obtidas a partir das farinhas de trigo mole, das sêmolas de trigo duro e das misturas entre ambas contendo 25 % ou 60 % de sêmolas.



**Figura 3.16-** Grau de enfraquecimento da massa em função das diferentes misturas e controlos.

Comparando as massas obtidas apenas com as farinhas de trigo mole e com as sêmolas de trigo duro, verificou-se que a variedade Celta se destacou pelo seu valor mais elevado.

Sapirstein *et al.* (2007) refere que a presença da gliadina  $\gamma$ -42 (e gluteninas LMW *tipo 1* - 8+9+13+16) em genótipos do trigo duro, como é o caso da variedade Celta são marcadores de glúten fraco enquanto, contrariamente, a presença da gliadina  $\gamma$ -45 e de gluteninas LMW *tipo 2* - 2+4+15+19 são marcadores de glúten moderado a forte. As variedades Hêlvio e Marialva têm os últimos marcadores mencionados, o que explicará os baixos valores de enfraquecimento da massa comparados com Celta (**Figura 3.16**).

Estas duas variedades de trigo duro destacaram-se pela positiva, pois originaram massas que tendem a enfraquecer menos que as próprias variedades de trigo mole e todas as misturas.

Nas misturas verificou-se que a combinação da variedade Almansor com Hêlvio foi a mais vantajosa na diminuição do enfraquecimento da massa, embora os valores sejam superiores ao enfraquecimento obtido apenas com as sêmolas de Hêlvio (**Figura 3.16**- Hêlvio 100%).

As massas com Pirana apresentaram maiores valores de enfraquecimento do que as massas com Almansor à exceção das misturas que incluíram 60% de Celta.

Na **Tabela 3.13** apresenta-se o modelo de análise de variância dos valores de enfraquecimento da massa das misturas de trigo mole e duro. Este parâmetro segue um modelo idêntico de análise de variância a que do parâmetro anterior. As diferenças registadas nas misturas são explicadas em cerca de 73% ( $r^2 = 0,733903$ ) por um modelo com dois fatores, variedade de trigo mole e variedade de trigo duro, com igual nível de significância ( $p \leq 0,05$ ).

**Tabela 3.13-** Modelo de análise de variância do enfraquecimento das massas das misturas estudadas.

Fonte	g.l.	Soma de quadrados	F	Pr>F
Modelo	3	2706,3	7,35	0,0109
Trigo Mole	1	1054,7	8,60	0,0189
Trigo Duro	2	1651,6	6,73	0,0193
Residual	8	981,3		
Total	11	3687,6		

Através do teste de comparação de médias (**Tabela 3.14** e **Tabela 3.15**), verificou-se que o enfraquecimento das misturas é afetado significativamente pela variedade de trigo mole, sendo mais vantajoso o uso da variedade Almansor. Quanto às variedades de trigo duro, as massas com Hêlvio possuem um enfraquecimento significativamente inferior em comparação com as massas com a variedades Celta enquanto que a variedade Marialva possui enfraquecimento intermédio.

**Tabela 3.14-** Comparação de médias (Teste de Tukey) do enfraquecimento das massas das misturas em função da variedade de trigo mole.

Variedade Trigo Mole	Nº de Amostras	Média	Teste de Tukey
Almansor	6	42,8	b
Pirana	6	61,5	a

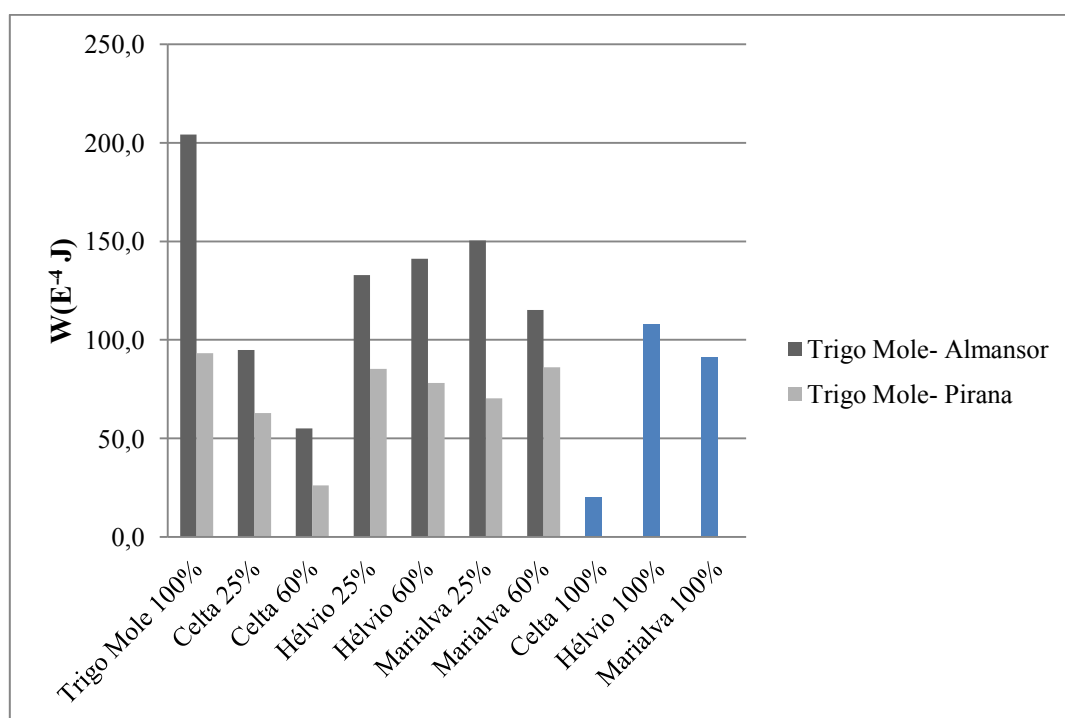
**Tabela 3.15-** Comparação de médias (Teste de Tukey) do enfraquecimento das massas das misturas em função da variedade de trigo duro.

Variedade Trigo Duro	Nº de Amostras	Média	Teste de Tukey
Hêlvio	4	36,6	b
Marialva	4	54,8	ab
Celta	4	65,0	a

### **3.7. Estudo de parâmetros do alveógrafo**

#### **3.7.1. Força**

Na **Figura 3.17** apresentam-se os valores de força das massas obtidas a partir das farinhas de trigo mole, das sêmolas de trigo duro e das misturas entre ambas contendo 25 % ou 60 % de sêmolas.



**Figura 3.17-** Força da massa em função das diferentes misturas e controlos.

A força determinada pelo alveógrafo registou um máximo com a massa feita apenas com Almansor. As massas obtidas apenas com as sêmolas de trigo duro das variedades Marialva e Hêlvio tiveram valores de força muito semelhantes ao da variedade de trigo mole Pirana (**Figura 3.17**). A variedade Celta foi de todas a pior em termos de força, tal como se verificou no farinógrafo. Em concordância com estes resultados, também Boyacioglu e D'Appolonia (1994a), descreveram no seu estudo que a força foi maior nas farinhas de trigo mole (exceto em farinha de fraca qualidade como é o caso da variedade Pirana) do que nas sêmolas de trigo duro.

As variedades de trigo duro Marialva e Hêlvio não se diferenciaram tanto em termos de força do alveógrafo como aconteceu com o tempo de desenvolvimento do farinógrafo.



Segundo Boyacioglu e D'Appolonia (1994a), os parâmetros do alveógrafo são muito influenciados pelo teor de amido danificado. Um aumento do teor de amido danificado na farinha/sêmola/mistura representa menos água disponível para a absorção da massa e por conseguinte um aumento nos valores de P e diminuição nos valores de L. Como resultado a força para deformar a massa (W) também aumenta, o que pode explicar em parte o que se observou.

A análise dos valores das misturas: as misturas com Almansor possuíram maiores valores de força que as respetivas misturas com a variedade Pirana e ainda maiores valores que os obtidos para a farinha Pirana 100% (com exceção das que continham Celta). Também se verificou que quer com a variedade Almansor, quer com a variedade Pirana, a introdução de trigo duro nas misturas piora a força das massas quando comparamos com os valores de força das farinhas de trigo mole 100%. As melhores misturas foram as obtidas com a variedade Almansor e Marialva a 25%, ou Almansor e Hêlvio nas duas proporções (25% e 60%).

Da análise de variância (**Tabela 3.16**) verificou-se que a variação da força determinada pelo ensaio alveográfico é explicada em cerca de 83% ( $r^2 = 0,825541$ ) simultaneamente por dois tratamentos: variedade de trigo mole e variedade de trigo duro, com o mesmo nível de significância ( $p \leq 0,01$ ).

**Tabela 3.16-** Modelo de análise de variância da força das misturas estudadas.

Fonte	g.l.	Soma de quadrados	F	Pr>F
<b>Modelo</b>	3	12639,9	12,62	0,0021
<b>Trigo Mole</b>	1	6552,0	19,62	0,0022
<b>Trigo Duro</b>	2	6087,9	9,12	0,0086
<b>Residual</b>	8	2671,2		
<b>Total</b>	11	15311,1		

O teste de comparação de médias permitiu distinguir significativamente a força determinada nas massas que continham Almansor das massas que continham Pirana (**Tabela 3.17**). Quanto às variedades de trigo duro, a força da massa com Celta é significativamente inferior à força da massa quer com Hêlvio quer com Marialva (**Tabela 3.18**). Em relação a estas duas últimas constata-se que não são significativamente diferentes.

**Tabela 3.17-** Comparação de médias (Teste de Tukey) da força das misturas em função da variedade de trigo mole.

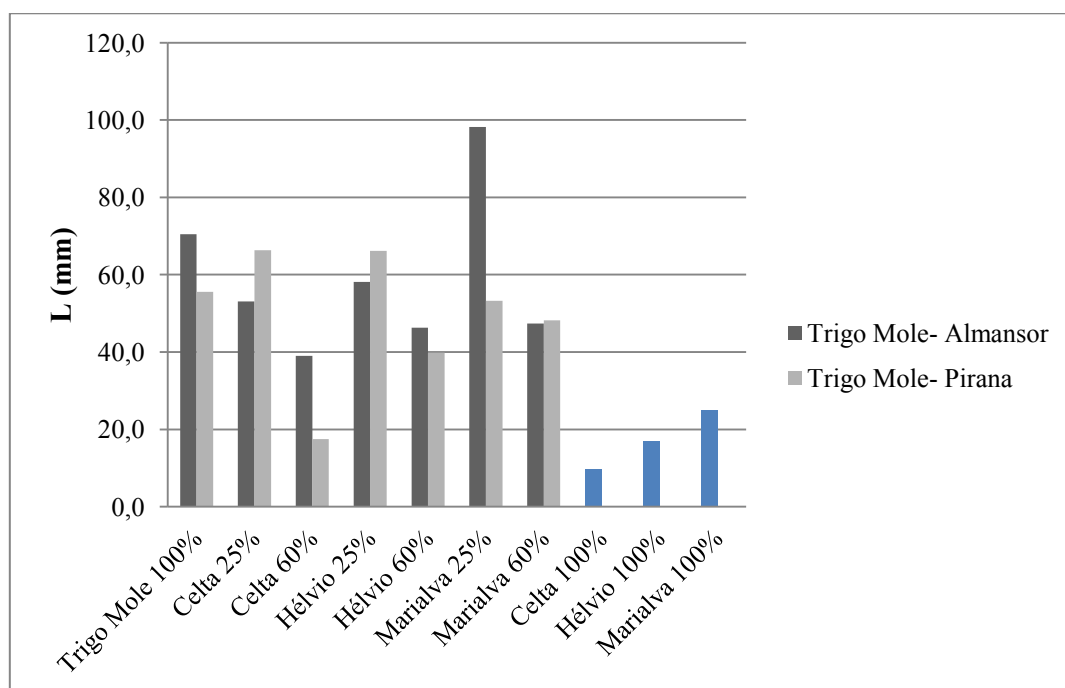
Variedade Trigo Mole	Nº de Amostras	Média	Teste de Tukey
Almansor	6	114,9	a
Pirana	6	68,2	b

**Tabela 3.18-** Comparação de médias (Teste de Tukey) da força das misturas em função da variedade de trigo duro.

Variedade Trigo Duro	Nº de Amostras	Média	Teste de Tukey
Hélvio	4	109,4	a
Marialva	4	105,5	a
Celta	4	59,8	b

### **3.7.2. Extensibilidade**

Na **Figura 3.18** apresentam-se os valores de extensibilidade das massas obtidas a partir das farinhas de trigo mole, das sêmolas de trigo duro e das misturas entre ambas contendo 25 % ou 60 % de sêmolas.



**Figura 3.18-** Extensibilidade da massa em função das diferentes misturas e controlos.

Não se verificaram grandes diferenças de extensibilidade nas massas efetuadas com 100 % de trigo mole Almensor e Pirana, sendo a variedade Almensor um pouco mais extensível. Em relação à extensibilidade das massas obtidas apenas com as sêmolas de trigo duro verificou-se a seguinte ordem: Celta < Hêlvio < Marialva.

Apesar de Boyacioglu e D'Appolonia (1994b) defenderem que a incorporação de sêmola em misturas com farinha de trigo mole diminui significativamente quer a extensibilidade, quer a tenacidade do alveógrafo, os resultados foram muito variáveis. A massa que revelou ser mais extensível foi a da mistura de Almensor com Marialva, contendo uma percentagem de 25% de Marialva. O valor de extensibilidade desta mistura foi muito mais elevado que a extensibilidade da farinha Almensor 100%. As restantes misturas tiveram um comportamento contrário. Nas misturas com Pirana também se obteve um ligeiro aumento de extensibilidade quando se adicionou Celta e Hêlvio na proporção de 25%.

Na **Tabela 3.19** apresenta-se o modelo de análise de variância encontrado para explicar a extensibilidade das massas das misturas com base nos tratamentos estudados. A variação deste parâmetro nas misturas foi explicada, em cerca de 50% ( $r^2 = 0,495830$ ) com um modelo pouco significativo ( $p \leq 0,05$ ), que incluiu como tratamento apenas a percentagem de trigo duro. A extensibilidade não foi afetada significativamente pelo tipo de trigo (mole e duro).

**Tabela 3.19-** Modelo de análise de variância da extensibilidade das misturas estudadas.

Fonte	g.l.	Soma de quadrados	F	Pr>F
Modelo	1	2059,3	9,83	0,0106
Percentagem de Trigo Duro	1	2059,3	9,83	0,0106
Residual	10	2094,0		
Total	11	4153,3		

A comparação de médias (**Tabela 3.20**) distinguiu significativamente as massas contendo 25%, com maiores valores de extensibilidade das massas com 60% de trigo duro adicionado.

**Tabela 3.20-** Comparação de médias (Teste de Tukey) da extensibilidade das misturas em função da percentagem de trigo duro usada nas misturas.

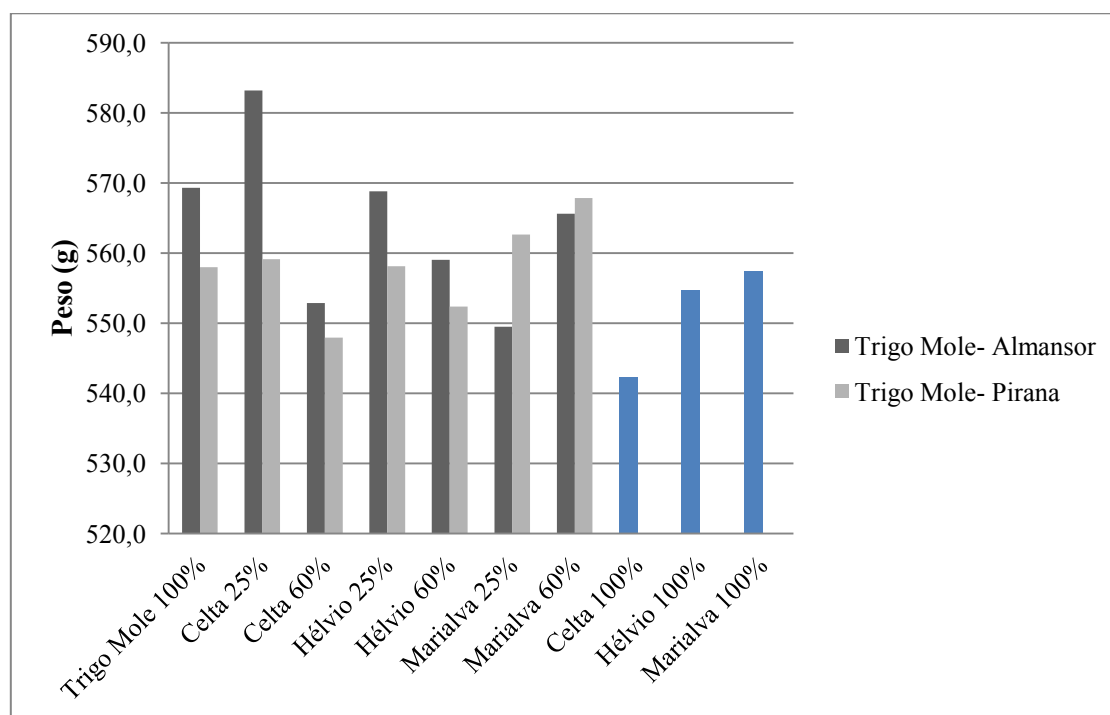
Percentagem Trigo Duro	Nº de Amostras	Média	Teste de Tukey
25%	6	65,9	a
60%	6	39,7	b

### **3.8. Caracterização do ensaio de panificação**

Nos capítulos seguintes analisam-se as características dos pães obtidos com as farinhas e sêmolos estudadas neste trabalho.

#### **3.8.1. Peso**

Na **Figura 3.19** apresentam-se os valores do peso dos pães analisados.



**Figura 3.19** Peso dos pães em função dos diferentes ensaios de panificação.

O peso do pão feito com farinha 100 % de trigo mole Almansor foi ligeiramente superior (11,3 g) ao peso do pão feito com farinha 100% Pirana. Nos pães efetuados com 100 % de sêmolos de trigo duro distinguiu-se o pão proveniente da variedade Celta com menor peso.

Analisando a **Figura 3.19** é possível constatar que os resultados das misturas foram muito variáveis. A adição de 25% de trigo duro à variedade Almansor teve um efeito variável. Assim, o peso final do pão diminuiu quando se misturou Almansor com Marialva, manteve-se com Hêlvio e aumentou com Celta. Por sua vez, quando se adicionou 25% de trigo duro ao Pirana o peso final de cada pão manteve-se aproximadamente igual (comparando com o pão feito com 100% de Pirana).

Quando a percentagem de trigo duro aumentou para 60% o peso final de cada pão diminuiu utilizando as variedades Almansor e Pirana (à exceção do Marialva que aumentou).

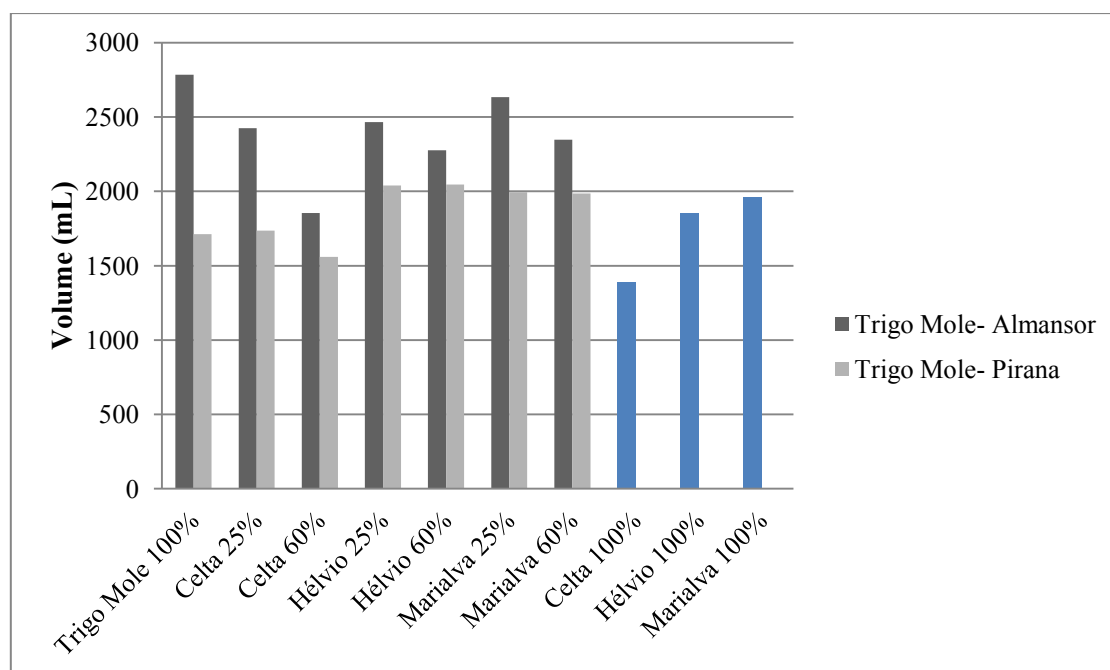
A mistura de Almansor com Celta na proporção de 25% foi a que deu origem a um pão de maior peso.

A análise de variância não permitiu explicar significativamente a variação do peso dos pães das misturas com base nos tratamentos estudados neste trabalho: fonte de variação de trigo

mole, fonte de variação de trigo duro e de percentagem de trigo duro na mistura. Estes resultados parecem indicar que o peso poderá ser explicado por outras fontes de variação, não estudadas neste trabalho.

### 3.8.2. Volume

Na **Figura 3.20** apresentam-se os valores de volume dos pães analisados. É importante referir que uma grande tolerância ao processo de fermentação durante a panificação traduz-se num pão com um maior volume (Rao *et al.*, 2001).



**Figura 3.20-** Volume dos pães em função dos diferentes ensaios de panificação.

Analisando os resultados relativos ao volume final de cada pão obtido apenas com as farinhas/sêmolas puras (100%), verificou-se que a variedade de trigo mole Almansor originou os pães de maior volume, por se tratar de uma variedade com qualidade adequada à panificação. As variedades de trigo duro Hêlvio e Marialva originaram pães com volume ligeiramente superior ao volume obtido com a variedade de trigo mole Pirana (de fraca qualidade).

Segundo Boggini *et al.* (1995), variedades fortes de trigo duro com características desejáveis podem ser passíveis de serem utilizadas na panificação, devendo-se ter em conta fatores como o teor proteico e o conteúdo em gluteninas como muito importantes para este fim.

No que diz respeito aos resultados com a variedade Almansor, todas as misturas originaram pães de menor volume que o pão obtido apenas com 100% de Almansor, sendo que na mistura contendo 25% de Marialva esta diminuição foi menos prejudicial. Acerca desta mistura é importante referir que foi a que revelou a maior extensibilidade, determinada pelo alveógrafo, com 98,2 mm, fator que poderá ter contribuído para a menor diminuição de volume observada. Ammar *et al.* (2000) referem que a pouca extensibilidade da massa é uma das razões para o baixo volume de pão obtido com trigo duro.

Refira-se que nas misturas com Almansor, adição de 25% de trigo duro diminuiu menos o volume do que quando se adicionou 60% de trigo duro (**Figura 3.20**). Num estudo semelhante (Boyacioglu e D'Appolonia, 1994b) manteve-se o volume final do pão quando se utilizou uma mistura de 25% de trigo duro e 75% de trigo mole, enquanto as restantes misturas resultaram numa diminuição acentuada do volume final. Nas misturas realizadas com a variedade Pirana, verificou-se que a adição de trigo duro, na proporção de 25 % e 60 % aumentou o volume final à exceção da variedade Celta. Neste caso, quando se adicionou 25% de Celta ao trigo mole Pirana, o volume não sofreu grandes alterações e diminuiu quando se adicionou 60% de Celta. Estes resultados são apoiados por Boggini e Pogna (1990), os quais constatarem um aumento significativo no volume do pão quando se adicionou 25% de trigo duro a um trigo mole de fraca qualidade para panificação.

Esta observação mostra que apesar de usualmente a introdução de trigo duro prejudicar o volume do pão, em pequenas proporções poderá não ser muito notória e haverá farinhas mais fracas em que eventualmente até poderá ser benéfica, quando se utilizam variedades de trigo duro adequadas. Aponte-se que esta premissa concorda com a sugestão de Boggini e Pogna (1990).

A análise de variância (**Tabela 3.21**) mostrou que 88% ( $r^2 = 0,884300$ ) da variação do volume dos pães das misturas foi explicada por 3 tratamentos: fonte de variação de trigo mole, fonte de variação de trigo duro e percentagem de trigo duro. A variedade de trigo mole foi a fonte mais importante nesta variação ( $p \leq 0,001$ ), porém a fonte de trigo duro bem como a sua percentagem também foram significativos ( $p \leq 0,05$ ).

**Tabela 3.21-** Modelo de análise de variância do volume do pão das misturas estudadas.

Fonte	g.l.	Soma de quadrados	F	Pr>F
<b>Modelo</b>	4	997635,5	13,38	0,0022
<b>Trigo Mole</b>	1	580800,0	31,15	0,0008
<b>Trigo Duro</b>	2	291579,2	7,82	0,0164
<b>Percentagem de Trigo Duro</b>	1	125256,3	6,72	0,0359
<b>Residual</b>	7	130529,2		
<b>Total</b>	11	1128164,7		

O teste de Tukey para comparação de médias permitiu verificar que o volume dos pães com Almansor foi significativamente superior ao volume dos pães com Pirana (**Tabela 3.22**). No que diz respeito à variedade de trigo duro o volume dos pães com Hêlvio e Marialva foi significativamente superior ao volume dos pães com Celta (**Tabela 3.23**). A percentagem de trigo duro permitiu igualmente distinguir significativamente os volumes dos pães, sendo a utilização de 25% de trigo duro mais vantajosa (**Tabela 3.24**).

**Tabela 3.22-** Comparação de médias (Teste de Tukey) do volume do pão das misturas em função da variedade de trigo mole.

Variedade Trigo Mole	Nº de Amostras	Média	Teste de Tukey
<b>Almansor</b>	6	2333	a
<b>Pirana</b>	6	1893	b

**Tabela 3.23-** Comparação de médias (Teste de Tukey) do volume do pão das misturas em função da variedade de trigo duro.

Variedade Trigo Duro	Nº de Amostras	Média	Teste de Tukey
<b>Hêlvio</b>	4	2206	a
<b>Marialva</b>	4	2240	a
<b>Celta</b>	4	1894	b

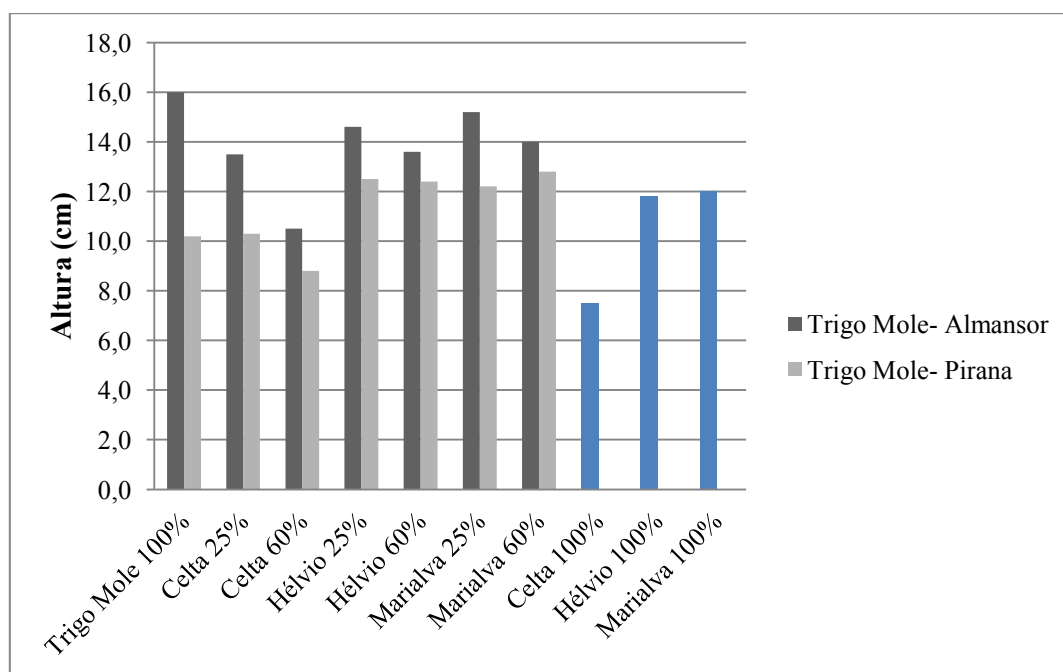


**Tabela 3.24-** Comparação de médias (Teste de Tukey) do volume do pão das misturas em função da percentagem de trigo duro usada.

Percentagem Trigo Duro	Nº de Amostras	Média	Teste de Tukey
25	6	2215	a
60	6	2011	b

### 3.8.3. Altura

Na **Figura 3.21** apresentam-se os valores de altura máxima dos pães analisados.



**Figura 3.21-** Altura máxima dos pães em função dos diferentes ensaios de panificação.

Os resultados obtidos estiveram totalmente de acordo com o que se verificou na determinação do volume, sendo a explicação idêntica, uma vez que estes parâmetros estão altamente correlacionados (**Tabela 3.7**).

Da análise de variância aos valores da altura máxima dos pães obtidos com as misturas, obteve-se um modelo ligeiramente diferente do modelo de análise de variância do volume, pois a percentagem de trigo duro nas misturas não se mostrou significativa (**Tabela 3.25**).

Este parâmetro é explicado em cerca de 81% ( $r^2 = 0,810849$ ) por um modelo com duas fontes de variação: variedade de trigo mole e de trigo duro, com o mesmo nível de significância ( $p \leq 0,01$ ).

**Tabela 3.25-** Modelo de análise de variância da altura máxima do pão das misturas estudadas.

Fonte	g.l.	Soma de quadrados	F	Pr>F
Modelo	3	31,5	11,4	0,0029
Trigo Mole	1	12,8	13,94	0,0058
Trigo Duro	2	18,7	10,18	0,0063
Residual	8	7,4		
Total	11	38,9		

O teste de Tukey permitiu confirmar o que se disse anteriormente: a altura dos pães contendo Almansor é significativamente maior que a altura dos pães com Pirana (**Tabela 3.26**). Relativamente ao trigo duro, apenas a altura dos pães com Celta é significativamente inferior à dos pães com outras variedades de trigo duro (**Tabela 3.27**).

**Tabela 3.26-** Comparação de médias (Teste de Tukey) da altura máxima do pão das misturas estudadas em função da variedade de trigo mole.

Variedade Trigo Mole	Nº de Amostras	Média	Teste de Tukey
Almansor	6	13,6	a
Pirana	6	11,5	b

**Tabela 3.27-** Comparação de médias (Teste de Tukey) da altura máxima do pão das misturas estudadas em função da variedade de trigo duro.

Variedade Trigo Duro	Nº de Amostras	Média	Teste de Tukey
Hélvio	4	13,3	a
Marialva	4	13,6	a
Celta	4	10,8	b

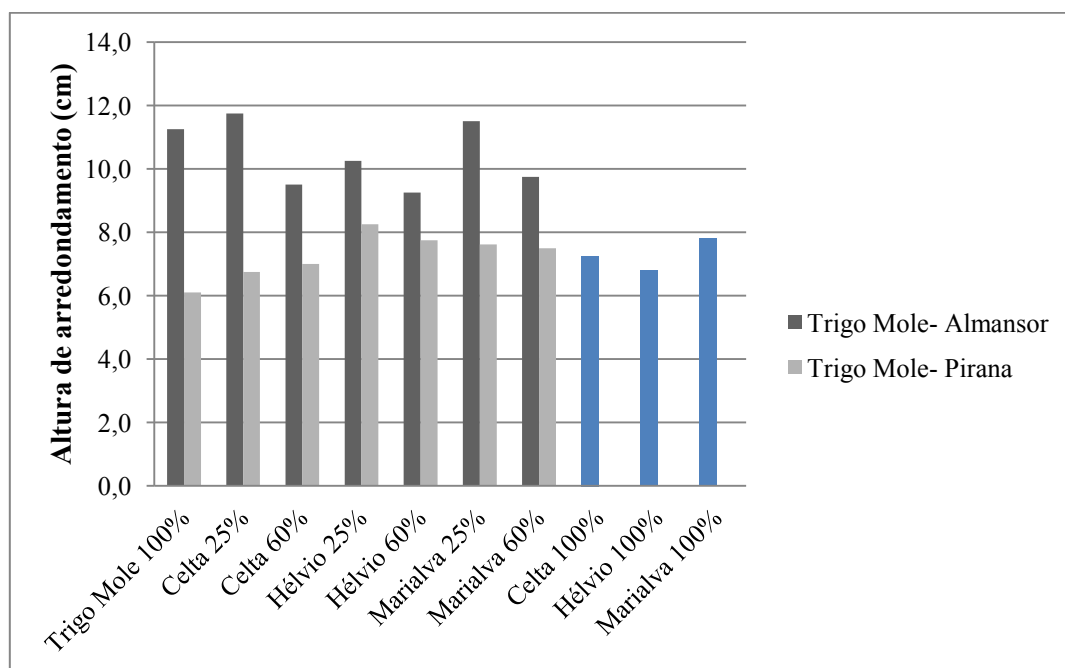
### **3.8.4. Altura de arredondamento**

A altura do arredondamento é um parâmetro muito relacionado com o volume e altura máxima do pão, embora também esteja relacionada com a capacidade de absorção de água e a força de cada farinha.

A farinha da variedade Almansor 100 % originou pães com uma altura de arredondamento muito superior às restantes farinhas/sêmolas 100% (**Figura 3.22**), o que se refletiu no seu maior volume. Em relação às sêmolas obtidas com os três trigos duros, o comportamento não foi idêntico ao da altura máxima pois a altura de arredondamento da variedade Celta foi muito próxima da das outras duas variedades de trigo duro.

As misturas com a variedade Almansor tiveram sempre alturas de arredondamento superiores às mesmas misturas com a variedade Pirana, tendo mantido ou diminuído a altura a que se iniciou o arredondamento em relação ao valor da variedade Almansor 100%, nas misturas com variedades de trigo duro.

Por sua vez, a adição dos trigos duros em ambas as percentagens à variedade de trigo mole Pirana fez aumentar a altura de arredondamento dos pães finais (**Figura 3.22**).



**Figura 3.22-** Altura de arredondamento em função dos diferentes ensaios de panificação.

Segundo a análise de variância realizada (**Tabela 3.28**) a variação deste parâmetro nas misturas depende significativamente apenas da fonte trigo mole utilizada ( $p \leq 0,001$ ) sendo este fator responsável por aproximadamente 78% ( $r^2 = 0.778035$ ) da referida variação. A comparação de médias permitiu distinguir significativamente a altura de arredondamento dos pães feitos com Almansor dos pães feitos com Pirana. (**Tabela 3.29**).

**Tabela 3.28-** Modelo de análise de variância da altura de arredondamento do pão das misturas estudadas.

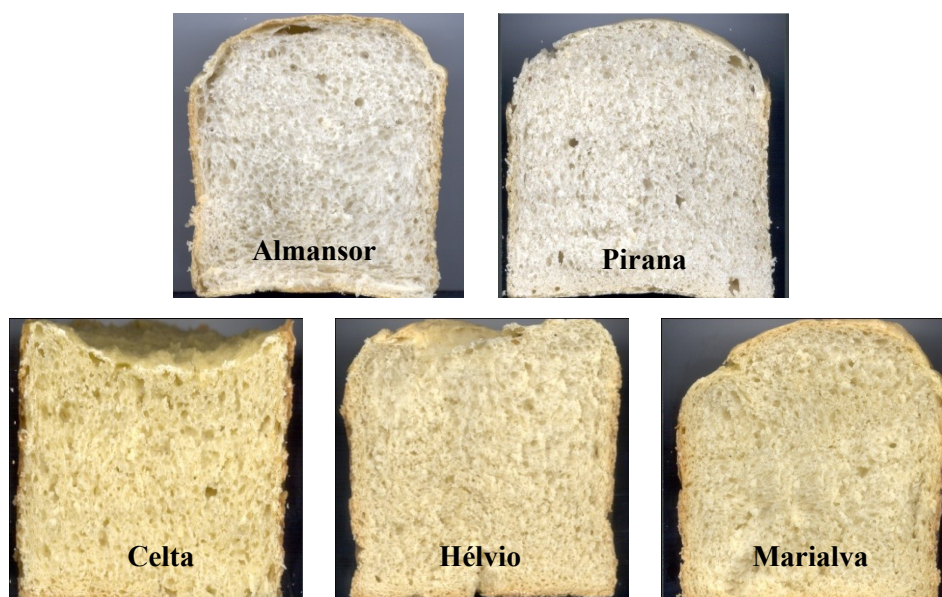
Fonte	g.l.	Soma de quadrados	F	Pr>F
Modelo	1	24,7	35,05	0,0001
Trigo Mole	1	24,7	35,05	0,0001
Residual	10	7,0		
Total	11	31,7		

**Tabela 3.29-** Comparação de médias (Teste de Tukey) da altura de arredondamento do pão das misturas estudadas em função da variedade de trigo mole.

Variedade Trigo Mole	Nº de Amostras	Média	Teste de Tukey
Almansor	6	10,4	a
Pirana	6	7,5	b

### **3.8.5. *Apreciação do aspeto dos pães***

Na **Figura 3.23** apresentam-se fotografias dos cortes transversais dos pães obtidos com as cinco variedades em estudo neste trabalho.



**Figura 3.23-** Corte transversal dos pães obtidos com 100% de Almansor, Pirana, Celta, Hêlvio e Marialva.

De um modo geral pode dizer-se que os pães obtidos só com trigo duro apresentaram volume muito baixo, aspeto mais rústico e amarelado mas sem ser desagradável. Apresentaram ainda, com exceção do Marialva, uma superfície menos arredondada que o pão obtido com a variedade Almansor (**Tabela 3.30**). Segundo o método de panificação utilizado neste trabalho (Pr NP 2100 –3, 2003), a superfície do pão estará tanto mais alta e arredondada quanto mais forte for a farinha (se a consistência da massa for a correta).

A utilização de trigo duro na panificação produz normalmente pães com volume inferior aos pães produzidos com trigo mole, pães com uma coloração amarelada, um sabor e cheiro caraterísticos, uma estrutura uniforme e fina ao mesmo tempo que possui um maior tempo de prateleira (Dexter e Marchylo, 2000). Estas caraterísticas tornam este tipo de pão bastante apelativo para alguns consumidores. É de referir, contudo, que a maior parte destes pães não são produzidos industrialmente, daí também apresentarem caraterísticas artesanais e rústicas, tornando-se, de alguma forma, um produto mais dispendioso.

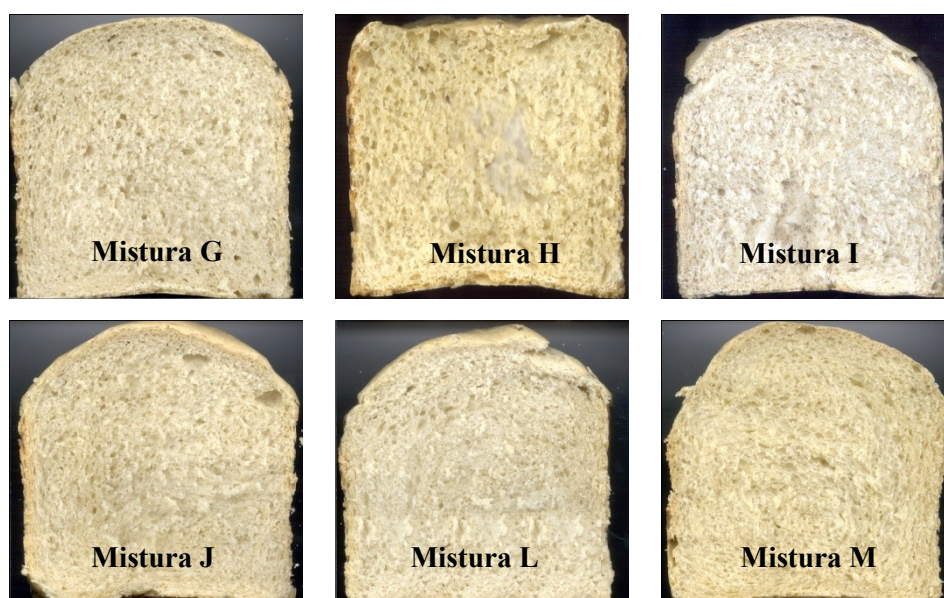
**Tabela 3.30-** Principais observações dos pães obtidos com 100% de Almansor, Pirana, Celta, Hêlvio e Marialva.

	<b>Aspetto geral</b>	<b>Alveolado</b>	<b>Coloração miga</b>	<b>Outras observações</b>
<b>Almansor</b>	Volumoso, uniforme e muito fofo	Alvéolos regulares e pequenos	Esbranquiçada	Mais alto e volumoso de todos
<b>Pirana</b>	Pouco volume mas bastante uniforme	Alvéolos regulares e muito pequenos	Muito esbranquiçada	Muito baixo
<b>Celta</b>	Muito rústico, pouco volumoso, achatado, sem arredondamento (côncavo) e denso	Alvéolos regulares e grandes	Amarelada escura	Mais rústico e baixo de todos os pães
<b>Hêlvio</b>	Melhor volume que Celta, menos achatado, com algum arredondamento	Alvéolos muito irregulares	Amarelada clara	Aspetto mais rústico que com trigo mole e baixo volume
<b>Marialva</b>	Volumoso, arredondado para um dos lados	Alvéolos muito irregulares	Amarelada clara	Muito semelhante a Hêlvio

Nas **Figuras 3.24 e 3.25** apresentam-se fotografias dos cortes transversais dos pães obtidos com as misturas em estudo deste trabalho. Na **Tabela 3.31** indicam-se algumas das características que se observaram nos pães realizados com as misturas.



**Figura 3.24-** Corte transversal dos pães obtidos com diferentes percentagens de Almansor e trigo duro: Celta (25%- Mistura A; 60%- Mistura B); Hêlvio (25%- Mistura C; 60%- Mistura D) e Marialva (25%- Mistura E; 60%- Mistura F).



**Figura 3.25-** Corte transversal dos pães obtidos com diferentes percentagens de Pirana e trigo duro: Celta (25%- Mistura G; 60%- Mistura H); Hêlvio (25%- Mistura I; 60%- Mistura J) e Marialva (25%- Mistura L; 60%- Mistura M).



Analisando as **Figuras 3.24 e 3.25** e também a **Tabela 3.31** pode afirmar-se, de uma forma sucinta que as misturas resultaram em pães com maiores volumes do que apenas utilizando trigo duro 100%, não se atingindo no entanto o volume obtido apenas com Almansor. Tal como seria de esperar, os pães com a variedade Celta originaram pães com miga mais amarelada pois esta variedade possui uma maior quantidade de pigmentos amarelos, e quanto maior é a percentagem de trigo duro mais escura e amarelada é a coloração da miga. As diferentes misturas originaram alguns pães bastante agradáveis à vista do consumidor reforçando a hipótese de se utilizar trigo duro na panificação.

Sissons (2008) refere que misturas de 60% de trigo duro com 40% de trigo mole e utilizando métodos específicos de fermentação podem originar pães com volume semelhante a um pão feito exclusivamente com 100% de trigo mole. Já numa combinação de 25% trigo duro com 75% trigo mole, pode fabricar-se pão com características semelhantes a um pão com 100% de trigo mole desde que fortalecendo a farinha com estearoil lactilato de sódio.

Torbica *et al.* (2011) sugerem que a adição de farinha/sêmola de trigo duro como um agente melhorador no fabrico de pão com farinha de trigo mole cujas proteínas estão danificadas, pode resultar num produto final de qualidade adequada. Além disso, os autores defendem também que estas formulações podem ter um efeito económico positivo na medida que se utilizam matérias-primas que não satisfazem completamente os requisitos de qualidade para a panificação.



**Tabela 3.31-** Principais observações dos pães obtidos com as diferentes misturas de trigo mole e trigo duro.

	<b>Aspeto geral</b>	<b>Alveolado</b>	<b>Coloração miga</b>	<b>Outras observações</b>
<b>Mistura A</b>	Achatado, rústico, sem arredondamento	Alvéolos irregulares médios	Amarelada clara	Aparência desagradável, muito denso
<b>Mistura B</b>	Muito baixo, rústico, sem arredondamento (côncavo)	Alvéolos mais regulares médios	Amarelada escura	Mais rústico que A e menor volume
<b>Mistura C</b>	Volume idêntico a A, forma pouco uniforme e inclinado para um dos lados	Alvéolos regulares e pequenos	Esbranquiçada	Aspeto agradável mas forma pouco regular
<b>Mistura D</b>	Volume e arredondamento menor que C, forma pouco uniforme e inclinado para um dos lados.	Alvéolos regulares e pequenos	Esbranquiçada	Aspeto agradável mas forma pouco regular
<b>Mistura E</b>	Mais volumoso, arredondado, forma uniforme	Alvéolos muito irregulares de vários tamanhos	Esbranquiçada	Maior volume, aspeto mais regular, alveolado pior
<b>Mistura F</b>	Volume idêntico a A e C, arredondado e forma muito uniforme	Alvéolos regulares e pequenos	Amarelada clara	Menor volume mas melhor aparência que E
<b>Mistura G</b>	Baixo volume, arredondado e uniforme	Alvéolos regulares e pequenos	Amarelada escura menos que B	Volume muito baixo
<b>Mistura H</b>	Volume muito baixo, achatado e mais rústico	Alvéolos muito regulares de tamanho intermédio	Amarelada escura	Volume muito baixo
<b>Mistura I</b>	Volume melhor que Pirana 100% e arredondado	Alvéolos irregulares de vários tamanhos	Muito Esbranquiçada	Mais esbranquiçado de todas as misturas com Pirana
<b>Mistura J</b>	Volume igual a I, arredondado e forma mais uniforme	Alvéolos irregulares de vários tamanhos	Esbranquiçada	Ligeiramente mais escuro que I
<b>Mistura L</b>	Volume igual a I e J, arredondado, disforme	Alvéolos regulares e muito pequenos	Esbranquiçada	Aspeto exterior muito semelhante a J
<b>Mistura M</b>	Volume igual a I, J, L, bastante disforme	Alvéolos regulares e muito pequenos	Amarelada escura	Aparência mais desagradável que J

#### **4. Conclusão**

A qualidade do trigo mole e do trigo duro é influenciada principalmente pelas gluteninas HMW-GS e LMW-GS, respetivamente. Nas variedades de trigo mole foi detetada a presença das subunidades de gluteninas HMW: 2\* (*Glu-A1*), 17+18 (*Glu-B1*), 5+10 (*Glu-D1*) no Almansor e nulo (*Glu-A1*), 7+8 (*Glu-B1*) e 2+12 (*Glu-D1*) no Pirana. As HMW-GS detetadas na variedade Almansor previram que fosse de melhor qualidade. Nas variedades de trigo duro a composição das gluteninas HMW é muito semelhante, contudo a variedade Celta difere nas gluteninas LMW do *Glu-B3*: ao possuir as subunidades 8+9+13+16 (LMW tipo 1) previu-se que fosse de menor qualidade.

A caracterização das farinhas/sêmolos revelou teores semelhantes de humidade e diferenças nos teores em cinzas e proteínas. Quanto aos teores em cinzas, estes foram superiores nas sêmolos de trigo duro do que nas farinha de trigo mole. Em relação ao teor proteico seguiu ordem: Almansor > Hêlvio > Marialva > Hêlvio > Pirana. Os teores em glúten seco e húmido comportam-se da mesma forma que os proteicos uma vez que os parâmetros estão muito relacionados.

A avaliação da atividade da  $\alpha$ -amilase é importante uma vez que em panificação esta enzima é responsável por quebrar as ligações glucídicas do amido na fermentação do pão. A atividade desta enzima revelou-se inferior nos trigos duros e superior nos trigos moles, embora todos os valores de índice de queda sejam muito elevados (> 300 s) o que significa que todos os trigos possuíram pouca atividade de  $\alpha$ -amilase.

Utilizando testes indiretos indicadores do comportamento do glúten (índice de glúten e volume de sedimentação SDS) concluiu-se que a variedade Almansor originaria um glúten de maior força que a variedade Pirana e que nos trigos duros a variedade Celta originaria um glúten de fraca força.

Na caracterização reológica das farinhas/sêmolos concluiu-se que o trigo mole Almansor é um trigo panificável corrente, enquanto o trigo mole Pirana é um trigo de baixa qualidade. As massas originadas pelas sêmolos de trigo duro foram muito tenazes e pouco elásticas (P/L muito desequilibrados), e mais concretamente a variedade Celta foi de todas a mais fraca segundo os testes do alveógrafo e farinógrafo.

O estudo das correlações dos parâmetros reológicos com os parâmetros físicos do pão (considerando todas as misturas e controlos) permitiu concluir que os parâmetros capacidade de absorção de água (Ab), tempo de desenvolvimento (TD) e enfraquecimento (Enf) do farinógrafo, força (W) e extensibilidade do alveógrafo (L) foram os mais adequados para tentar compreender o diferente comportamento reológico das misturas de trigo mole e trigo duro deste estudo, pois foram os mais correlacionados com os parâmetro de panificação.

A análise estatística permitiu concluir que a fonte de trigo mole é o fator que mais influencia o comportamento reológico da massa obtida através das diferentes misturas. A fonte de trigo duro também surge como um fator importante. A percentagem de trigo duro apenas influenciou a extensibilidade da massa.

A panificação com farinhas/sêmolas 100% de trigo mole e trigo duro respetivamente, originou pães diferentes: muito volumoso (Almensor); muito baixo e esbranquiçado (Pirana); muito rústico e amarelado (Celta) e menos rústicos e amarelados (Hélvio e Marialva). Apenas o volume do pão obtido com Almensor foi aceitável.

Por sua vez a panificação com diferentes misturas originou pães de aspeto e volume muito variáveis e em algumas misturas mais próximo do volume obtido apenas com o trigo mole Almensor. Os pães de aspeto mais agradável foram obtidos com as misturas (Almensor + Hélvio); o pão com maior volume foi obtido com a mistura (Almensor + Marialva 25%) e os pães mais rústicos foram obtidos com as misturas (Almensor/Pirana + Celta).

Nas misturas, a introdução de trigo duro não foi sempre prejudicial: quando adicionado à variedade de trigo mole Almensor (de qualidade panificável) originou uma diminuição do volume de pão, mas quando adicionado à variedade de trigo mole Pirana (muito fraca) originou uma melhoria do volume em todas as misturas com Hélvio e Marialva. Esta situação permite colocar como hipótese que a adição de trigo duro a variedades de trigo mole muito fracas poderá ser vantajosa desde que se escolham variedades de trigo duro adequadas.

A panificação com misturas trigo mole e trigo duro demonstrou ser viável e uma alternativa à panificação tradicional com apenas trigo mole. A reformulação de alimentos convencionais (como é o caso do pão) é e deve ser objeto constante de estudo de forma a cativar o consumidor cada vez mais exigente.

## **5. Bibliografia**

- Almeida, A.S. 2007. Parâmetros analíticos de seleção do trigo em ambiente mediterrânico – produção e qualidade. Tese de Doutoramento, Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Lisboa, 293 p.
- Ammar, K.; Warren, E.K.; Morris, C.F. 2000. Breadmaking Quality of Selected Durum Wheat Genotypes and Its Relationship with High Molecular Weight Glutenin Subunits Allelic Variation and Gluten Protein Polymeric Composition. *Cereal Chemistry* 77 (2): 230–236.
- Arendt, E.; Ryan, K.L.; Dal Bello, F. 2007. Impact of sourdough on the texture of bread. *Food Microbiology* 24 (2): 165-174.
- Bagulho, A.S. 2008. Efeito das proteínas de reserva e das associadas ao amido e aos lípidos nas propriedades reológicas da farinha de trigo mole. Tese de Doutoramento, Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, 264 p.
- Barlow, K.K.; Buttrose, M.S.; Simmonds, D.H.; Vesk, M. 1973. The nature of the starch-protein interface in wheat endosperm. *Cereal Chemistry* 50: 443-454.
- Bettge, A.D.; Morris, C.F.; Greenblatt, G.A. 1995. Assessing Genotypic Softness in Single Wheat Kernels Using Starch Granule-Associated Friabilin as a Biochemical Marker. *Euphytica* 86: 65-72.
- Boggini, G. 1991. Valutazione della qualità pastificatoria del grano duro mediante l'alveografo di Chopin. Molini D'Italia, 151-153 pp.
- Boggini, G.; Pogna, N.E. 1989. The breadmaking quality and storage protein composition of Italian durum wheat. *Journal of Cereal Science* 9: 131-138.
- Boggini, G.; Pogna, N.E. 1990. Use of durum wheat to improve the breadmaking quality of soft wheat. *Tecnica Molitoria* 4: 1025.
- Boggini, G.; Tusa, P.; Pogna, N.E. 1995. Bread Making Quality of Durum Wheat Genotypes with some Novel Glutenin Subunit Compositions. *Journal of Cereal Science* 22: 105-113.
- Bot, B. 2008. Estudio del efecto de acciones químicas y biológicas sobre la masa panaria. Tese de Mestrado. Instituto de Tecnología de Alimentos. Facultad de Ingeniería Química. Universidad Nacional del Litoral., Santa Fé - Argentina, 64 p.

Boyacioglu, M. H.; D'Appolonia, B. L. 1994a. Characterization and utilization of durum wheat for breadmaking. I. Comparison of chemical, rheological, and baking properties between bread wheat flour and durum wheat flours. *Cereal Chemistry* 71: 21-28.

Boyacioglu, M. H.; D'Appolonia, B. L. 1994b. Characterization and utilization of durum wheat for breadmaking. II. Study of flour blends and various additives. *Cereal Chemistry* 71: 28-34.

Brites, C. 2000. Melhoramento da qualidade dos trigos. *Investigação Agrária* 3 (3): 82-83.

Brites, C.; Bagulho, A S.; Muacho, M.C. 2002. Avaliação das propriedades reológicas de farinhas de trigo mole utilizando o micro-farinógrafo. *Deméter*, Boletim da ATCP, 6 (7): 6-8.

Brites, C.; Guerreiro M. 2008. O pão através dos tempos. Apenas Livros, Lda. Lisboa, 14-16; 22 pp.

Bushuk, W. 1966. Distribution of water in dough and bread. *Baker's Digest* 40 (5): 38

Bushuk, W. 1986. Wheat: Chemistry and uses. *Cereal Foods World* 31: 218-226.

Carrillo, J.M.; Vázquez, J.F.; Rodríguez-Quijano, M.; Ruiz, M. 2006. Mejora de la calidad del trigo. In: Mejora Genética de la calidad en plantas. Llacer, G., Díez, M.J., Carrillo, J.M., Badenes, M.L. (Eds). Soc. Esp. Ciencias Hortícolas. Soc. Esp. Genética. Universidad Politécnica de Valencia. Cap. 6.

Dexter, J.E.; Marchylo, B.A. 2000. Recent Trends in Durum Wheat Milling and Pasta Processing: Impact on Durum Wheat Quality Requirements. In: Proceedings of the International Workshop on Durum Wheat, Semolina and Pasta Quality: Recent Achievements and New Trends, INRA, Montpellier, France, 27 November. pp. 77-101.

Dexter, J.E.; Martin, D.G.; Sadaranganey, G.T.; Michaelides, J.; Mathieson, N.; Tkac, J.J.; Marchylo, B.A. 1994. Preprocessing: Effects on durum wheat milling and spaghettimaking quality. *Cereal Chemistry* 71: 10-16.

Dexter, J.E.; Preston, K.R.; Martin, D.G.; Gander, E.J. 1994. The effects of protein content and starch damage on the physical dough properties and bread-making quality of Canadian durum wheat. *Journal of Cereal Science* 20: 139-151.

Dick, J.W.; Quick, J.S. 1983. A modified screening test for rapid estimation of gluten strength in early-generation durum wheat breeding lines. *Cereal Chemistry* 60: 315-318.

Edwards, N. M.; Gianibelli, M.C.; McCaig, T. N.; Clarke, J.M.; Ames, N.P.; Larroque, O.R.; Dexter, J.E. 2007. Relationships between dough strength, polymeric protein quantity and composition for diverse durum wheat genotypes. *Journal of Cereal Science* 45: 140–149.

Elias, E.M. 1995. Durum wheat products. *Options Méditerranéennes* nº 22: 23-31.

Encyclopedia Britannica. 2012. Cereal processing. <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/103350/cereal-processing> consultado em 10/07/2012.

Foca, G.; Ulrici, A.; Corbellini, M.; Pagani, M.A.; Lucisano M.; Franchini, G. C.; Tassi, L. 2007. Reproducibility of the Italian ISQ method for quality classification of bread wheats: An evaluation by expert assessors. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 87 (5): 839–846.

Gupta, R.B.; Popineau, Y.; Lefebvre, J.; Cornec, M.; Lawrence, G.J.; MacRitchie, F. 1995. Biochemical basis of flour properties in bread wheats. II. Changes in polymeric protein formation and dough/gluten properties associated with the loss of low Mr or high Mr glutenin subunits. *Journal of Cereal Science* 21: 103-116.

Gupta, R.B.; Shepherd, K.W. 1990. Two-step one-dimensional SDS-PAGE analysis of LMW subunits of glutenin. I. Variation and genetic control of the subunits in hexaploid wheats. *Theoretical and Applied Genetics* 80: 65-74.

Hareland, G.A.; Pühr, D. P. 1998. Baking Performance of Durum and Soft Wheat Flour in a Sponge-Dough Breadmaking Procedure. *Cereal Chemistry* 75 (6): 830–835.

He, X.; Wang, J.; Ammar, K.; Peña, R.J.; Xia, X.; He, Z. 2009. Allelic variants at the *Psy-A1* and *Psy-B1* loci in durum wheat and their associations with grain yellowness. *Crop Science* 49: 2058-2064.

ICC Standard N° 158. 1995. Gluten Index method for assessing gluten strength in durum wheat. International Association for Cereal Science and Technology, 6p.

Instituto Nacional de Estatística. 2012. Estatísticas Agrícolas 2011. Lisboa.



ISO 21415-2 (E). 2006. Wheat and wheat flour- Gluten content- Part 2: Determination of wet gluten by mechanical means. International Standardization Organization, 11p.

ISO 21415-4 (E). 2006. Wheat and wheat flour - Gluten content- Part 4: Determination of dry gluten from wet gluten by a rapid drying method. International Standardization Organization, 6p.

ISO 27971 (E). 2008. Cereals and cereal products- Common wheat (*Triticum aestivum* L.)- Determination of alveograph properties of dough at constant hydration from commercial or test flours and test milling methodology. International Standardization Organization, 52p.

ISO 3093 (E). 2009. Wheat, rye and their flours, durum wheat and durum wheat semolina- Determination of the falling number according to Hagberg-Perten. International Standardization Organization, 13p.

Jackson, E.A.; Holt, L.M.; Payne, P.I. 1983. Characterization of high molecular weight gliadin and low-molecular-weight glutenin subunits of wheat endosperm by two-dimensional electrophoresis and the chromosomal localization of their controlling genes. *Theoretical and Applied Genetics* 66: 29-37.

Jackson, E.A.; Morel, M.H.; Sontag-Strohm, T.; Branlard, G.; Metakovsky, E.V.; Redaelli, R. 1996. Proposal for combining the classification systems of alleles of *Gli-1* and *Glu-3* loci in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Genetics and Breeding* 50: 321-326.

Jiang, X.; Tian, J.; Zhang, W. 2008. Protein Content and Amino Acid Composition in Grains of Wheat-Related Species. *Agricultural Sciences in China* 7 (3): 272-279.

Kerber, E.R.; Tipples, K.H. 1969. Effects of the D genome on milling and baking properties of wheat. *Canadian Journal of Plant Science* 49: 255-263.

Landi, A. 1995. Durum wheat, semolina and pasta quality characteristics for an Italian food company. In: di Fonzo, N., Kaan, F., Nachit, M. (Eds.), Proceedings of the Seminar on Durum Wheat Quality in the Mediterranean Region. *Options Méditerranéennes* 22: 33-42.

Lawrence, G.J.; Shepherd, K.W. 1981. Inheritance of glutenin proteins subunits of wheat. *Theoretical and Applied Genetics* 60: 333-337.

Liu, C.-Y.; Shepherd, K.W.; Rathjen, A.J. 1996. Improvement of Durum Wheat Pastamaking and Breadmaking Qualities. *Cereal Chemistry* 73 (2): 155-166.

Marchylo, B.A.; Dexter, J.E.; Clarke, F.R.; Clarke, J.M.; Preston, K.R. 2001. Relationships among bread-making quality, gluten strength, physical dough properties, and pasta cooking quality for some Canadian durum wheat genotypes. *Canadian Journal of Plant Science* 81: 611–620.

Moreno, E.A.C. 2011. Caracterización de las prolaminas en variedades indígenas españolas de trigo duro (*Triticum turgidum* (L.) Tell.) y su relación con la calidad semolera. Trabajo Fin de Máster. Universidad Politécnica de Valencia, València, 69 p.

Nieto-Taladriz, M.T.; Ruiz, M.; Martínez M.C.; Vázquez J. F.; Carrillo J.M. 1997. Variation and classification of B low-molecular-weight glutenin subunit alleles in durum wheat. *Theoretical and Applied Genetics* 95: 1155-1160.

NP 1996.2000, Cereais e leguminosas. Determinação do teor de azoto e cálculo de proteína bruta. Método kjeldhal. Instituto Português da Qualidade, 9p.

NP 3653.2000, Derivados de cereais. Farinhas de trigo mole. Características físicas das massas. Determinação da absorção de água e das características reológicas por meio do farinógrafo. Instituto Português da Qualidade, 16p

NP 4401. 2001, Farinhas e sêmolos de trigo duro. Determinação do teor de pigmentos amarelos. Instituto Português da Qualidade, 5p.

NP 516.2000, Cereais e derivados. Determinação do teor de água. Método prático de referência. Instituto Português da Qualidade, 5p.

NP 519.1993, Cereais e derivados. Determinação do teor de cinza a 900°C. Processo corrente. Instituto Português da Qualidade, 5p.

Pallarés, M.G.; León, A.E.; Rosell, C.M. 2007. Trigo. In: De TALEs HARINAS, TALEs PANES: Granos, harinas e productos de panificación en Iberoamérica. Córdoba. Argentina.

Palumbo, M.; Spina, A.; Boggini, G. 2000. Agronomic and bread-making characteristics of durum wheat genotypes deriving from interspecific hybridization with bread wheat. In: Royo, C., Nachit, M.M., DiFonzo, N., Araus, J.L. (Eds.), *Durum Wheat Improvement in the Mediterranean Region, New Challenges*. Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes (CIHEAM), Zaragoza. *Options Méditerranéennes Série A*, 40: 515–518.

Payne, P.I.; Holt, L.M.; Jackson, E.A.; Law, C.N. 1984. Wheat storage proteins: their genetic and their potential for manipulation by plant breeding. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 304: 359-371.

Payne, P.I.; Lawrence, G.J. 1983. Catalogue of alleles for the complex gene loci *Glu-A1*, *Glu-B1* and *Glu-D1* which code for high-molecular-weight subunits of glutenin in hexaploid wheat. *Cereal Research Communications* 11: 29-35.

Peña, R.J. 2000. Durum wheat for pasta and bread making. Comparison of methods used in breeding to determine gluten quality-related parameters. In: Royo C, Nachit MM, DiFonzo N, Arauz JL (eds) Durum wheat improvement in the Mediterranean region: New challenges. International Centre for Advanced Mediterranean Agronomic Studies (CIHEAM). Zaragoza, 423-430 pp.

Pinheiro, N. 2011. Identificación de parámetros de selección para la calidad tecnológica del trigo duro (*triticum turgidum* l. Ssp. *Durum* desf.). Tese de mestrado, Universidad de Extremadura, Escuela de Ingenierías Agrarias. Badajoz, 154 p.

Popineau, Y.; Comec, M.; Lefebvre, J.; Marchylo, B. 1994. Influence of high Mr glutenin subunits on glutenin polymers and rheological properties of gluten and gluten sufractions of near isogenic lines of wheat Sicco. *Journal of Cereal Science* 19: 231-242.

Portaria Nº 425/98. 1998. Relativa à fixação das características do pão e às suas condições de fabrico. *Diário da República* Nº 170, I Série-B, 25 de Julho de 1998, 3552-3556 pp.

Pr NP 2100 – 3. 2003, Cereais e derivados. Método expedito de ensaio de panificação com “Máquina Automática de Fazer Pão”. Lisboa. Instituto Português da Qualidade, 6p.

Quaglia, G.B. 1988. Other durum wheat products. In Durum Wheat: Chemistry and Technology' (G. Fabriani and C. Lintas eds) AACC, St Paul, MN 263-288 pp.

Rao, V.K.; Mulvaney, S.J.; Dexter, J.E.; Edwards, N.M.; Peressini, D. 2001. Stress relaxation properties of mixograph semolina-water doughs from durum wheat cultivars of variable strength in relation to mixing characteristics and bread-making and pasta-making performance. *Journal of Cereal Science* 34: 215-232.

Redaelli, R.; Pogna, N.E.; Ng, P.K.W. 1997. Effects of prolamins encoded by chromosomes 1B and 1D on the rheological properties of dough in near-isogenic lines of bread wheat. *Cereal Chemistry* 74: 102–107.

Santos, F.D.; Forbes, K.; Moita, R. 2002. Climate Change in Portugal - Scenarios, Impacts and Adaptation Measures - SIAM Project. Gradiva: Lisboa, Portugal.

Sapirstein, H.D.; David P.; Preston K.R.; Dexter, J.E. 2007. Durum wheat breadmaking quality: Effects of gluten strength, protein composition, semolina particle size and fermentation time. *Journal of Cereal Science* 45: 150–161.

Scheuer, P.M.; Francisco, A.; Miranda, M. Z.; Limberger, V. M. 2011. Trigo: Características e Utilização na Panificação. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Volume 13, Nº2, 211-222 pp.

Shewry, P.R.; Halford, N.G.; Tatham, A.S. 1992. High-molecular-weight subunits of wheat glutenin. *Journal of Cereal Science* 15: 105-120.

Shewry, P.R.; Tatham, A.S. 1990. The prolamins storage proteins of cereal seeds, structure and evolution. *Biochemistry. Journal* 267: 1-12.

Singh, N.K.; Shepherd, K.W. 1988. Linkage mapping of genes controlling endosperm storage proteins in wheat. 1. Genes on the short arms of group I chromosomes. *Theoretical and Applied Genetics* 75: 628-641.

Singh, N.K.; Shepherd, K.W.; Cornish, G.B. 1991. A simplified SDS-PAGE procedure for separating LMW subunits of glutenin. *Journal of Cereal Science* 14: 203-208.

Sissons, M. 2008. Role of durum wheat composition on the quality of pasta and bread. *Food* 2 (2): 75-90.

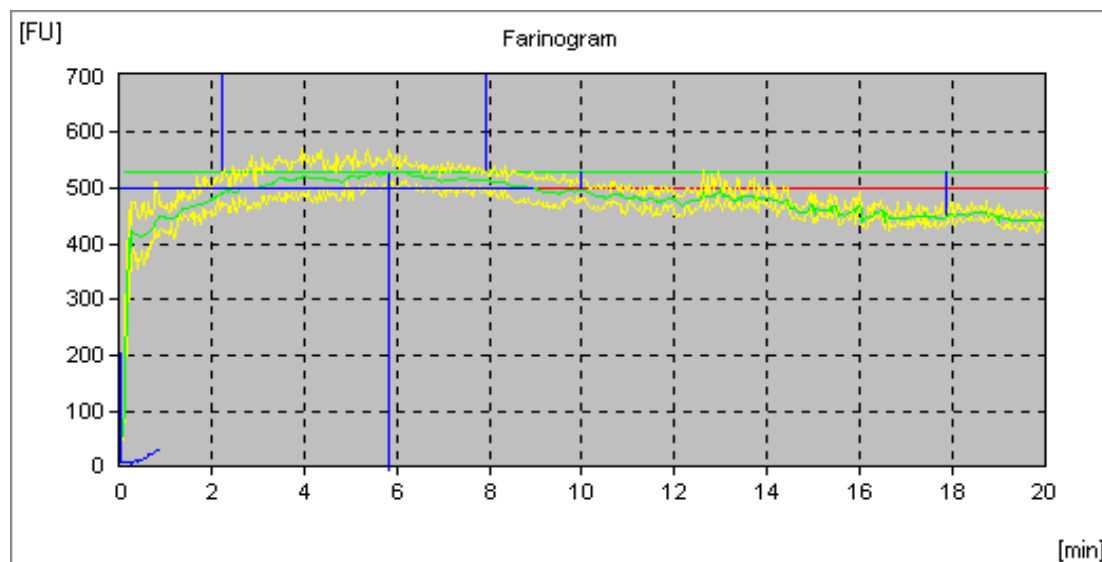
Šramková, Z.; Gregová, E.; Šturdík, E. 2009. Chemical composition and nutritional quality of wheat grain. *Acta Chimica Slovaca* 2 (1): 115-138.

Stojceska, V.; Butler, F. 2012. Investigation of reported correlation coefficients between rheological properties of the wheat bread doughs and baking performance of the corresponding wheat flours. *Trends in Food Science & Technology* 24: 13-18.

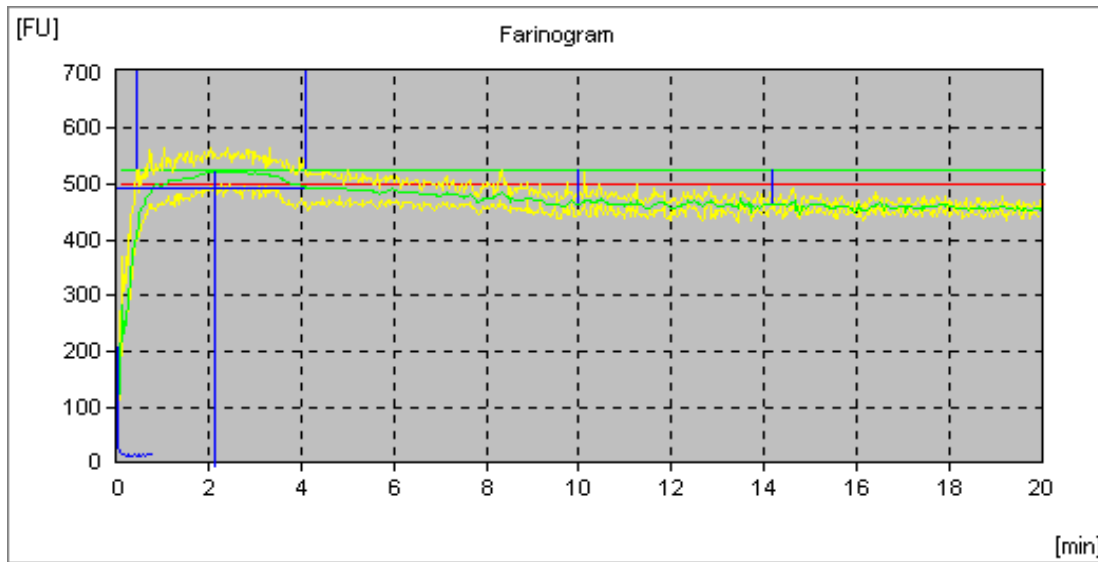
Torbica, A.; Hadnađev, M.; Hadnađev, T.D. 2011. Possibility of using durum wheat flour as an improvement agent in bread making process. *Procedia Food Science* 1:1628-1632.

## **6. Anexos**

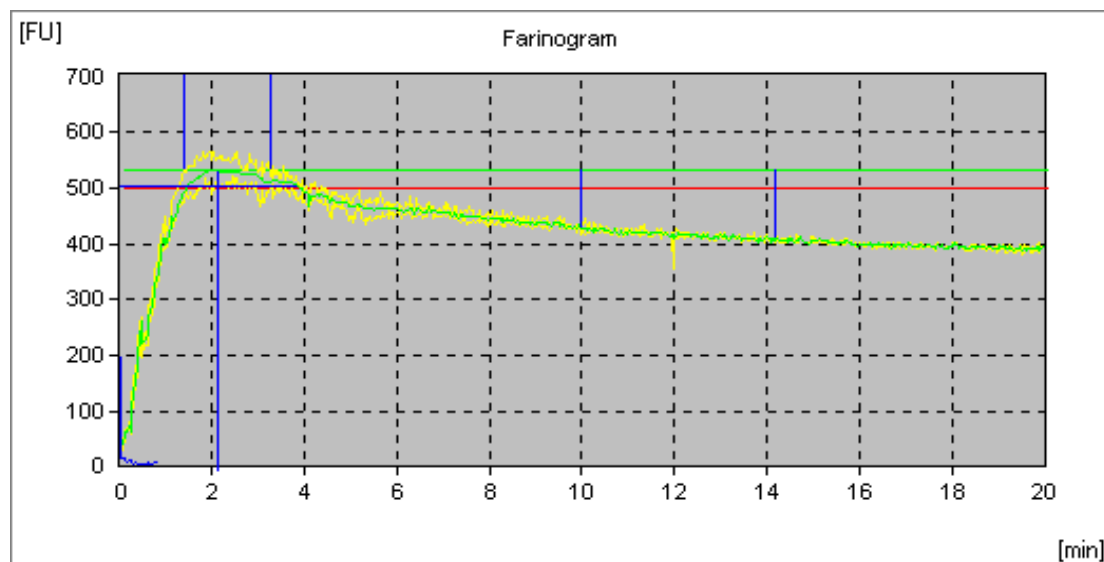
## Anexo A



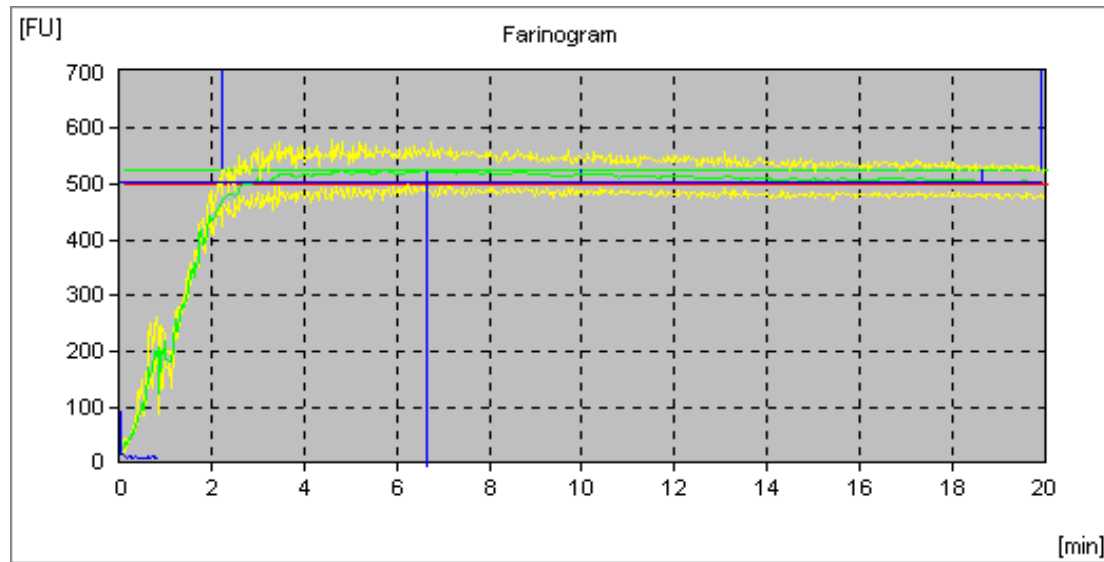
**Figura a-** Farinograma da massa feita com 100% de Almansor.



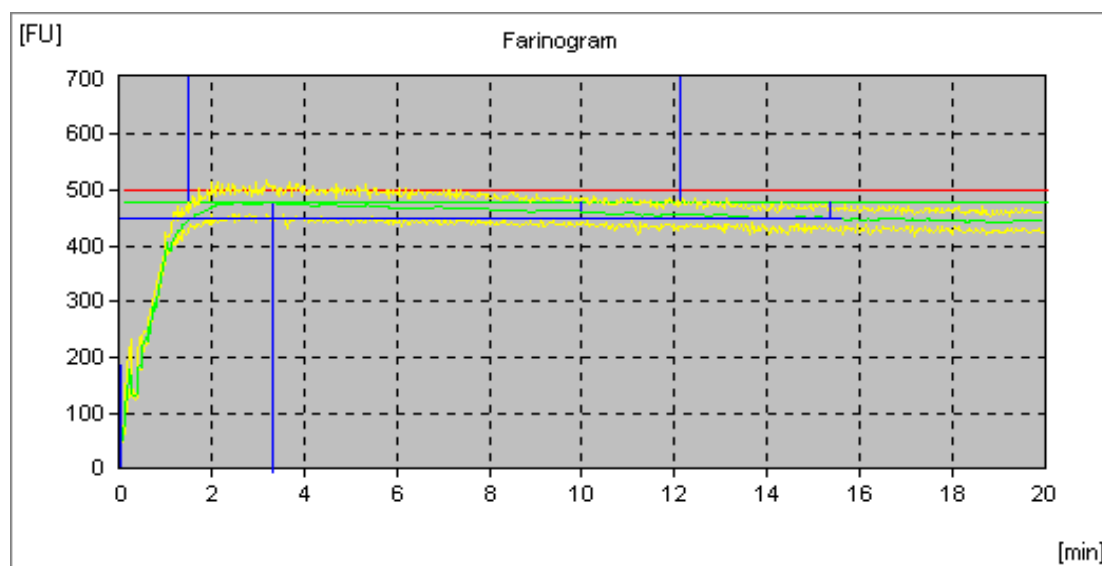
**Figura b-** Farinograma da massa feita com 100% de Pirana.



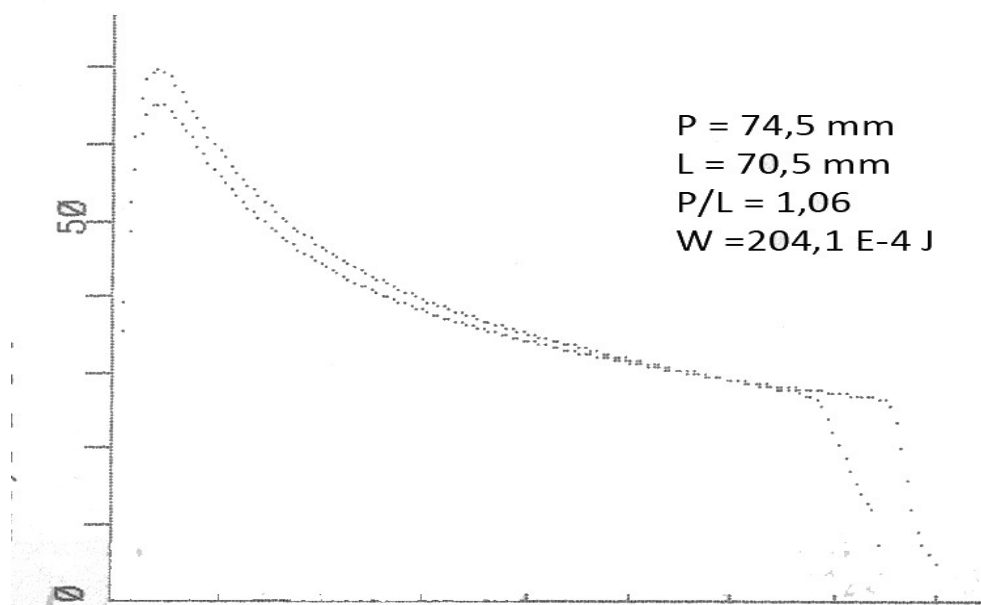
**Figura c-** Farinograma da massa feita com 100% de Celta.



**Figura d-** Farinograma da massa feita com 100% de Hélios.

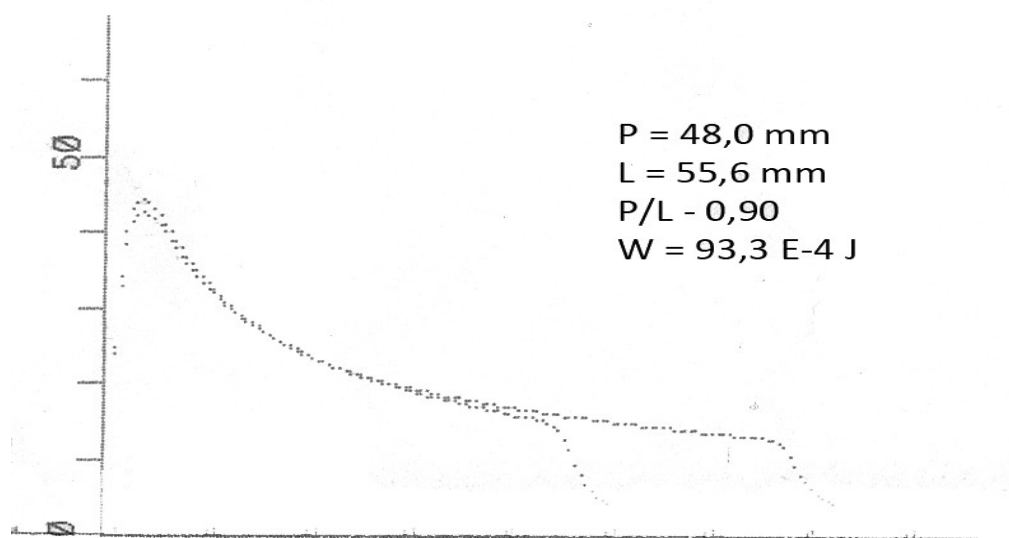


**Figura e-** Farinograma da massa feita com 100% de Marialva.

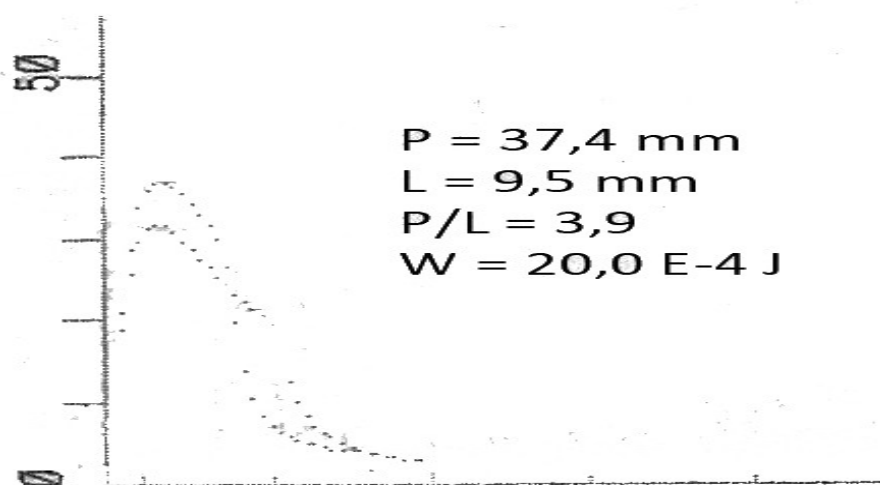


**Figura f-** Alveograma da massa feita com 100% de Almensor.

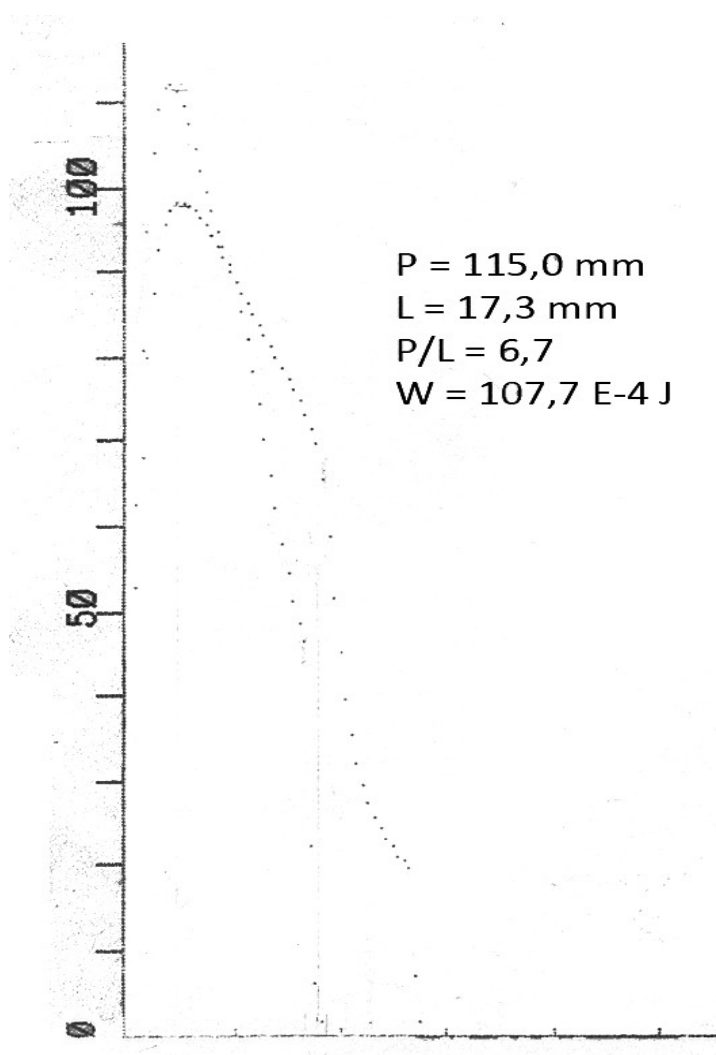




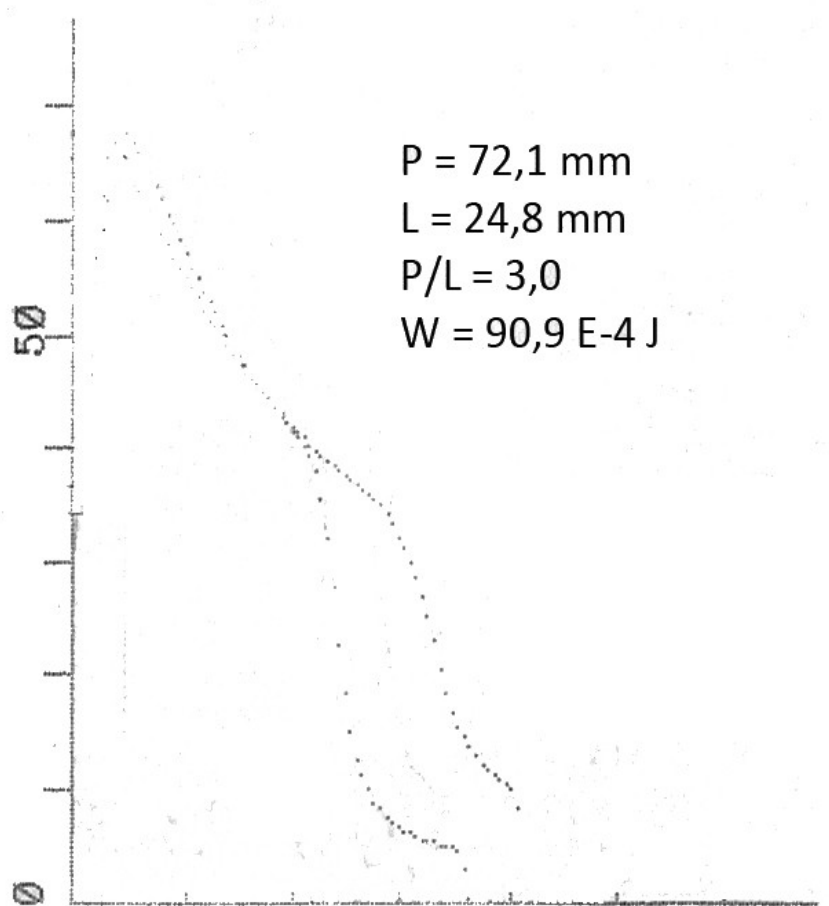
**Figura g-** Alveograma da massa feita com 100% de Pirana.



**Figura h-** Alveograma da massa feita com 100% de Celta.



**Figura i-** Alveograma da massa feita com 100% de Hévelio.



**Figura j-** Alveograma da massa feita com 100% de Marialva.

**Anexo B**

**Tabela a-** Resultados farinográficos dos diferentes controlos e das diferentes misturas.

Trigo Mole		Trigo Duro		Parâmetros do Farinógrafo			
Variedade	%	Variedade	%	Ab (%)	TD (min)	Est (min)	Enf (UF)
Almensor	100	-	0	65,1	5,2	6,5	41,5
Pirana	100	-	0	58,2	2,7	3,8	61,0
-	0	Celta	100	58,2	2,4	1,9	95,5
-	0	Hélvio	100	57,8	6,0	17,8	9,5
-	0	Marialva	100	58,2	3,5	9,5	20,5
Almensor	75	Celta	25	63,1	4,3	4,0	45,5
Almensor	40	Celta	60	61,5	3,1	3,2	75,5
Almensor	75	Hélvio	25	63,7	6,6	6,8	30,5
Almensor	40	Hélvio	60	60,1	7,4	12,5	15,0
Almensor	75	Marialva	25	63,2	5,9	5,5	49,0
Almensor	40	Marialva	60	61,2	3,6	6,6	41,0
Pirana	75	Celta	25	57,2	2,6	2,3	74,5
Pirana	40	Celta	60	57,8	2,7	2,1	64,5
Pirana	75	Hélvio	25	56,6	2,7	4,9	58,5
Pirana	40	Hélvio	60	56,4	5,1	6,8	42,5
Pirana	75	Marialva	25	55,6	2,9	4,4	61,0
Pirana	40	Marialva	60	55,9	2,7	4,4	68,0

**Tabela b-** Resultados alveográficos dos diferentes controlos e das diferentes misturas.

Trigo Mole		Trigo Duro		Parâmetro do Alvéografo			
Variedade	%	Variedade	%	P (mm)	L (mm)	P/L	W (E <sup>4</sup> J)
Almensor	100	-	0	74,5	70,5	1,1	204,1
Pirana	100	-	0	48,0	55,6	0,9	93,3
-	0	Celta	100	37,4	9,5	3,9	20,0
-	0	Hélvio	100	115,0	17,0	6,8	107,7
-	0	Marialva	100	72,1	25,0	2,9	90,9
Almensor	75	Celta	25	46,2	53,1	1,0	94,8
Almensor	40	Celta	60	36,8	39,0	1,1	55,1
Almensor	75	Hélvio	25	53,3	58,2	1,1	132,9
Almensor	40	Hélvio	60	66,0	46,3	1,4	141,1
Almensor	75	Marialva	25	45,7	98,2	0,5	150,4
Almensor	40	Marialva	60	55,8	47,4	1,2	115,2
Pirana	75	Celta	25	28,6	66,4	0,4	63,0
Pirana	40	Celta	60	33,0	17,5	1,9	26,2
Pirana	75	Hélvio	25	33,9	66,2	0,5	85,3
Pirana	40	Hélvio	60	47,9	39,8	1,2	78,2
Pirana	75	Marialva	25	35,2	53,3	0,8	70,3
Pirana	40	Marialva	60	43,8	48,2	0,9	86,1

**Tabela c-** Resultados da caracterização dos diferentes pães obtidos.

Trigo Mole		Trigo Duro		Características do Pão			
Variedade	%	Variedade	%	Peso (g)	Volume (ml)	Altura (cm)	Altura arredondamento (cm)
Almensor	100	-	0	569,3	2785	16,0	11,3
Pirana	100	-	0	558,0	1713	10,2	6,1
-	0	Celta	100	542,3	1390	7,5	7,3
-	0	Hélvio	100	554,7	1852	11,8	6,8
-	0	Marialva	100	557,4	1960	12,0	7,8
Almensor	75	Celta	25	583,2	2425	13,5	11,8
Almensor	40	Celta	60	552,9	1855	10,5	9,5
Almensor	75	Hélvio	25	568,8	2465	14,6	10,3
Almensor	40	Hélvio	60	559,0	2275	13,6	9,3
Almensor	75	Marialva	25	549,5	2633	15,2	11,5
Almensor	40	Marialva	60	565,6	2347	14,0	9,8
Pirana	75	Celta	25	559,1	1735	10,3	6,8
Pirana	40	Celta	60	547,9	1560	8,8	7,0
Pirana	75	Hélvio	25	558,1	2040	12,5	8,3
Pirana	40	Hélvio	60	552,4	2045	12,4	7,8
Pirana	75	Marialva	25	562,6	1995	12,2	7,6
Pirana	40	Marialva	60	567,8	1985	12,8	7,5